



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Farmacia y Bioquímica

Unidad de Posgrado

Determinación del contenido de antimonio en agua de consumo humano en envases de polietileno tereftalato y expendidas en forma ambulatoria en Lima Metropolitana

TESIS

Para optar el Grado Académico de Doctor en Farmacia y

Bioquímica

AUTOR

José Alfonso APESTEGUIA INFANTES

ASESOR

Robert PALOMINO DE LA GALA

Lima, Perú

2017



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Apestequia J. Determinación del contenido de antimonio en agua de consumo humano en envases de polietileno tereftalato y expendidas en forma ambulatoria en Lima Metropolitana [Tesis de doctorado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Unidad de Posgrado; 2017.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

UNIDAD DE POSGRADO



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR
AL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

Siendo las 12:00 hrs. del 01 de marzo del 2017 se reunieron en el auditorio de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el Jurado Examinador y Calificador de tesis, presidido por la Dra. Eloísa Maximina Hernández Fernández e integrado por los siguientes miembros: Dr. Robert Miguel Palomino De La Gala (Asesor), Dr. José Ernesto Rael González, Dr. Eduardo Flores Juárez, y Dr. Jorge Luis Arroyo Acevedo; para la sustentación oral y pública de la tesis intitulada: **"DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ANTIMONIO EN AGUA DE CONSUMO HUMANO EN ENVASES DE POLIETILENO TEREFTALATO Y EXPENDIDAS EN FORMA AMBULATORIA EN LIMA METROPOLITANA"** presentado por el Magister en Farmacología con mención en Farmacología Experimental **José Alfonso Apestegui Infantes**.

Acto seguido se procedió a la exposición de la tesis, con el fin de optar al Grado Académico de **Doctor en Farmacia y Bioquímica**. Formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por el graduando.

A continuación el Jurado Examinador y Calificador de tesis procedió a la votación, la que dio como resultado el siguiente calificativo:

..... 13 Dieciséis Muy Buena

Luego, el Presidente del Jurado recomienda que la Facultad proponga que se le otorgue al Magister en Farmacología con mención en Farmacología Experimental **JOSÉ ALFONSO APESTEGUIA INFANTES**, el Grado Académico de **Doctor en Farmacia y Bioquímica**.

Siendo las 13:10 hrs. se levanta la sesión.

Se extiende el acta en Lima, a las 13:25 hrs. del 01 de marzo 2017.

.....
Dra. Eloísa Maximina Hernández Fernández (P.P., D.E.)
Presidenta

.....
Dr. Robert Miguel Palomino De La Gala (P.P., T.C.)
Miembro - Asesor

.....
Dr. José Ernesto Rael González (P.P., T.C.)
Miembro

.....
Dr. Eduardo Flores Juárez (P.P., T.C.)
Miembro

.....
Dr. Jorge Luis Arroyo Acevedo (P. P., T.C.)
Miembro

Observaciones:

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, nuestro señor, por el haberme permitido realizar este trabajo de investigación y sobre todo poderlo haber terminado.

Agradezco a mi hermosa y sin igual familia, por darme fuerzas, con su apoyo incondicional y comprensión, a fin de poder realizar la presente tesis.

Agradezco a mi asesor, el Dr. Robert Palomino de la Gala, por haberme asesorado y ayudado a empezar y completar esta tesis.

Agradezco al Jurado Examinador y Evaluador por haberme guiado durante el desarrollo de esta tesis:

Dr. Robert Palomino de la Gala (Asesor, Jurado revisor, Jurado Evaluador y Calificador)

Dra. Eloísa Hernández Fernández (Jurado revisor, Jurado Evaluador y Calificador)

Dr. Jorge Arroyo Acevedo (Jurado revisor, Jurado Evaluador y Calificador)

Dr. José Ernesto Raez Gonzalez (Jurado Evaluador y Calificador)

Dr. Eduardo Flores Juárez (Jurado Evaluador y Calificador)

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a un ser excelso y maravilloso que es mi madre y me acompaña desde el cielo, Rosa y a mi padre que amo mucho, Alfonso .

Dedico esta tesis a mi querida esposa, Madalit, y mis hijos que adoro y amo, Valeria y Rodrigo.

Dedico este trabajo de investigación a mis hermanos, Rosa, Isabel, Juan y a mi sobrino, André.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CARÁTULA.....	I
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
ÍNDICE GENERAL.....	1
ÍNDICE DE TABLAS.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN	10
ABSTRACT.....	11
CAPITULO I. INTRODUCCION	
1.1 Situación problemática	12
1.2 Formulación del problema	13
1.3 Justificación teórica.....	13
1.4 Justificación practica	14
1.5 Objetivos de la investigación.....	15
1.5.1. Objetivo general.....	15
1.5.2. Objetivos específicos.....	15
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Marco filosófico o epistemológico de la investigación.....	17

2.2	Antecedentes de la Investigación	17
2.3	Bases teóricas.....	18

CAPITULO III. METODOLOGIA

3.1	Hipótesis	34
3.2	Identificación de variables	35
3.3	Tipo y diseño de investigación	35
3.4	Unidad de análisis	35
3.5	Población de estudio	36
3.6	Selección de la muestra	36
3.7	Técnicas de recolección de datos	38
3.8.	Obtención, recolección y codificación de las muestras.....	39
3.9.	Metodología analítica empleada en la determinación del antimonio.....	39

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1	Presentación de resultados.....	45
4.2	Pruebas de Hipótesis	52
4.3	Análisis, interpretación y discusión de los resultados	86

CONCLUSIONES	92
---------------------------	----

RECOMENDACIONES	94
------------------------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
---	----

ANEXOS	100
---------------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Identidad del antimonio.....	18
Tabla N°2. Propiedades organolépticas del antimonio.....	19
Tabla N°3. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas en los meses de febrero y marzo del 2013 en la avenida Alfonso Ugarte.....	45
Tabla N°4. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas en los meses de febrero y marzo del 2013 en la avenida Nicolás de Piérola.....	45
Tabla N°5. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 17 de febrero del 2013 y la temperatura ambiental a la cual se muestreo en la avenida Alfonso Ugarte.....	46
Tabla N°6. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 17 de febrero del 2013 y temperatura ambiental a la cual se muestreo en la avenida Nicolás de Piérola.....	46
Tabla N°7. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 07 de marzo del 2013 y la temperatura ambiental en la avenida Alfonso Ugarte.....	47
Tabla N°8. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 07 de marzo del 2013 y temperatura a la cual se muestreo en la avenida Nicolás de Piérola.....	47
Tabla N°9. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 25 de marzo del 2013 y la temperatura a la cual se muestreo en la avenida Alfonso Ugarte.....	48

Tabla N°10. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 25 de marzo del 2013 y temperatura a la cual se muestreo en la avenida Nicolás de Piérola.....	48
Tabla N°11. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 17 de febrero del 2013 (1° Muestreo) y el tiempo de envasado en la avenida Alfonso Ugarte.....	49
Tabla N°12. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 17 de febrero del 2013 (1° Muestreo) y el tiempo de envasado en la avenida Nicolás de Piérola.....	49
Tabla N°13. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 07 de marzo del 2013 (2° Muestreo) y el tiempo de envasado en la avenida Alfonso Ugarte.....	50
Tabla N°14. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 07 de marzo del 2013 (2° Muestreo) y el tiempo de envasado en la avenida Nicolás de Piérola.....	50
Tabla N°15. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 25 de marzo del 2013 (3° Muestreo) y el tiempo de envasado en la avenida Alfonso Ugarte.....	51
Tabla N°16. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 25 de marzo del 2013 (3° Muestreo) y el tiempo de envasado en la avenida Nicolás de Piérola.....	51
Tabla N°17. Concentración de antimonio en la avenida Alfonso Ugarte en los tres muestreos.....	52
Tabla N°18. Concentración de antimonio en la avenida Nicolás de Piérola en los tres muestreos.....	54
Tabla N°19. Comparación de la Concentración de antimonio en la avenida Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola en los tres muestreos.....	56

Tabla N°20. Comparación de la media de concentración de antimonio del 17 de febrero; 7 de marzo y 25 marzo en av. Alfonso Ugarte	58
Tabla N°21. Comparación de la media de concentración de antimonio del 17 de febrero; 7 de marzo y 25 marzo en Nicolás de Piérola.....	60
Tabla N°22. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental en el 17 de febrero..	62
Tabla N°23. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental en el 17 de febrero.....	64
Tabla N°24. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental en el 7 de marzo.....	66
Tabla N°25. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental en el 7 de marzo.....	68
Tabla N°26. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental en el 25 de marzo...	70
Tabla N°27. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental en el 25 de marzo.....	72
Tabla N°28. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado en el 17 de febrero.....	74

Tabla N°29. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con el tiempo de envasado en el 17 de febrero.....76

Tabla N°30. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado en el 7 de marzo.....78

Tabla N°31. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con el tiempo de envasado en el 7 de marzo80

Tabla N°32. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado en el 25 de marzo.....82

Tabla N°33. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con el tiempo de envasado en el 25 de marzo84

INDICE DE FIGURAS

Figura N°1. Curva de calibración y relación de estándares	42
Figura N°2. Concentración de estándares a utilizar	42
Figura N°3. Parámetros de edición para antimonio (EAA).....	43
Figura N°4. Programación del horno para antimonio (EAA).....	44
Figura N°5. Concentración de antimonio en la avenida Alfonso Ugarte	53
Figura N°6. Concentración de antimonio en la Avenida Nicolás de Piérola.....	55
Figura N°7. Comparación de la Concentración de antimonio en la avenida Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola en los tres muestreos.....	57
Figura N°8. Comparación de la media de concentración de antimonio del 17 de febrero; 7 de marzo y 25 marzo en av. Alfonso Ugarte	59
Figura N°9. Comparación de la media de concentración de antimonio en las tomas 17 de febrero; 7 de marzo y 25 marzo en Nicolás de Piérola.....	61
Figura N°10. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental en el 17 de febrero..	63
Figura N°11. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental en el 17 de febrero.....	65
Figura N°12. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental en el 7 de marzo.....	67

Figura N°13. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental en el 7 de marzo.....69

Figura N°14. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental en el 25 de marzo ...71

Figura N°15. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental en el 25 de marzo73

Figura N°16. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado en el 17 de febrero...75

Figura N°17. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con el tiempo de envasado en el 17 de febrero.....77

Figura N°18. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado en el 7 de marzo79

Figura N°19. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con el tiempo de envasado en el 7 de marzo81

Figura N°20. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado en el 25 de marzo83

Figura N°21. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con el tiempo de envasado en el 25 de marzo	85
Figura N°22. Carnet de salud de vendedor.....	100
Figura N°23. Puesto de venta de la avenida Nicolás de Piérola	100
Figura N°24. Puesto de venta de la avenida Alfonso Ugarte.....	101
Figura N°25. Espectrofotómetro de absorción atómica–USAQ–FQIQ–UNMSM.....	101
Figura N°26. Resultado de análisis de determinación de antimonio–USAQ–FQIQ–UNMSM (Informe de Ensayo N°174-2013)	102
Figura N°27. Intoxicación por antimonio (Huacahuari,2009).....	103
Figura N°28. Noticia de Obreros intoxicados por antimonio (2011).....	104
Figura N°29. Tesoros enterrados durante la guerra con Chile.....	105

RESUMEN

Se cuantifico la concentración de antimonio en muestras de agua embotellada de venta ambulatoria el 17 de febrero, 7 de marzo y 25 marzo del 2013 en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola de Lima Metropolitana, en relación a la temperatura ambiental y días de envasado. El objetivo de la investigación fue determinar el incremento de concentración de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato en relación con la temperatura y el tiempo de almacenamiento. Se utilizó como técnica analítica la espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito de la unidad de Análisis Químico (USAQ) de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Se encontró que la media de concentración de antimonio en la avenida Alfonso Ugarte durante los meses de febrero y marzo del 2013 fue de 1,61ppb y la desviación estándar de 1,23ppb, con un mínimo de 0.04ppb y un máximo de 4.86 ppb. La media de concentración de antimonio en la avenida Nicolás de Piérola fue 1,6ppb y la desviación estándar de 1,27 ppb, con un mínimo de 0.04ppb y un máximo de 4.8ppb .Se concluye que la concentración de antimonio de las muestras de agua embotellada de venta ambulatoria en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola fue menor estadísticamente significativo en relación al máximo valor permisible (20 ppb - OMS). Se aprecia que la mayor media de concentración de antimonio en la avenida Alfonso Ugarte (2,44 ppb) y en la avenida Nicolás de Piérola (2,26 ppb) están ambas en el tercer muestreo (17 de Marzo del 2013). Existe correlación moderada (0.426) de las concentraciones de antimonio y temperatura ambiental muestreados el 7 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola. Existe correlación moderada (0.48) de las concentraciones de antimonio y el tiempo de envasado muestreados el 17 de febrero en la avenida Alfonso Ugarte.

Palabras Clave: Antimonio, agua embotellada, temperatura ambiente.

ABSTRACT

The relationship between the antimony concentration in bottled water in three samplings (February 17, March 7 and March 25, 2013) was studied during the summer months of 2013 for ambulatory sale of Alfonso Ugarte and Nicolás de Piérola avenues of Metropolitan Lima in relation to the environmental temperature of sampling, besides the days of packaging of the samples. It was found that the average antimony concentration in Alfonso Ugarte avenue during the months of February and March of 2013 was 1.61 ppb and the standard deviation of 1.23 ppb, with a minimum of 0.04 ppb and a maximum of 4.86 ppb. The mean antimony concentration at Nicolás de Piérola avenue was 1.6 ppb and the standard deviation was 1.27 ppb. With a minimum of 0.04 ppb and a maximum of 4.8ppb. The findings obtained indicate that the antimony concentration of the samples of bottled water from ambulatory sales in Alfonso Ugarte and Nicolas de Piérola avenues was statistically significant in relation to the maximum Permissible value (20 ppb - WHO). The highest average concentration of antimony in Alfonso Ugarte Avenue (2.44 ppb) and Nicolás de Piérola Avenue (2.26 ppb) are both in the third sampling (March 17, 2013). There is a moderate correlation (0.426) of the concentrations of antimony and environmental temperature sampled on March 7 at Nicolás de Piérola avenue. There is a moderate correlation (0.48) of antimony concentrations and packing time sampled on February 17 at Alfonso Ugarte Avenue.

Key words: antimonium, bottled water, environmental temperature .

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Un estudio reciente de Shotyk y colaboradores (Shotyk et al,2006), reportó niveles de antimonio elevados en el agua potable almacenada en envases de tereftalato de polietileno (PET) lo cual aumento la preocupación sobre el uso industrial de contaminantes conocidos, con los riesgos asociados a la migración y exposición para la salud humana. La mayoría de agua embotellada disponible comercialmente se vende en envases de PET, al igual que otras bebidas, por ejemplo, los zumos de frutas, productos alimentarios tal como el vinagre. El antimonio (Sb_2O_3) se utiliza como catalizador en 90% de la manufactura del PET a nivel mundial .

Como resultado el material de PET más comercial, normalmente contiene $190\text{-}300 \text{ mg Sb kg}^{-1}$. El trióxido de antimonio es un carcinógeno sospechoso (IARC, 1989), y aparece como un contaminante prioritario por la agencia de protección medioambiental de los estados Unidos de América (USEPA) y la unión europea (EU) . Shotyk y colaboradores fueron capaces de proporcionar evidencia de migración de Sb de los envases PET en aguas potables con concentraciones de Sb en aguas embotelladas disponibles comercialmente que eran 100 veces más elevadas en comparación con el agua subterránea no contaminada o agua potable ($2,2\text{-}3,8 \text{ ng Sb L}^{-1}$) . Los niveles medidos de Sb, sin embargo, estuvieron por debajo de las guías comúnmente recomendadas para el agua potable (OMS, $20 \text{ } \mu\text{g Sb L}^{-1}$; USEPA, $6 \text{ } \mu\text{g Sb L}^{-1}$; y Japón $2 \text{ } \mu\text{g Sb L}^{-1}$), que concuerdan con los hallazgos de un primer estudio llevado a cabo por la oficina federal suiza de salud pública (SFOPH) .

Sin embargo, los resultados de Shotyk y colaboradores, llevaron a varias preguntas que consideran las formas químicas del Sb presente en el agua potable almacenada en los envases de PET. Los hallazgos de Shotyk y colaboradores, junto con el hecho que el ácido cítrico, un principal

constituyente de los jugos cítricos, han sido reportados que extraen y preservan eficientemente el estado de oxidación de las especies de Sb presentes en los materiales sólidos. Los estudios anteriormente mencionados fueron el motivo de estudiar el contenido de Sb en agua embotellada en envases de PET.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el contenido de antimonio en agua de consumo humano en envases de polietileno tereftalato y expendidas en forma ambulatoria en las avenidas Nicolás de Piérola y Alfonso Ugarte de Lima Metropolitana?

1.3 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Algunos de los envases de jugos que encontramos en el mercado, están fabricados con plásticos que contienen antimonio, esta sustancia se llega a filtrar en los jugos. Entonces, esos jugos en apariencia saludables que se le da de beber a las personas, están contaminados con antimonio (Shotyk et al, 2005) . El antimonio es liberado al medio ambiente desde fuentes naturales e industriales, por lo que la población general está expuesta diariamente a bajos niveles de esta sustancia, principalmente en los alimentos, el agua potable y el aire.

La exposición a altos niveles de antimonio puede producir una variedad de efectos perjudiciales para la salud, como lo son enfermedades de pulmón, corazón, e incluso, cáncer. Científicos de la Universidad de Copenhague descubrieron que algunos jugos de frutas envasados, contienen un alto porcentaje de antimonio. En algunos casos, los niveles de antimonio en los jugos fueron 10 veces mayores que el nivel considerado como 'seguro', según las normas en Estados Unidos. "Este preciado líquido puede traer contaminantes microbiológicos, plomo, nitrato o cobre que causan problemas en el desarrollo físico y mental de los niños, así como el síndrome del lactante cianótico y enfermedades gastrointestinales. Las

cantidades pueden variar significativamente, dependiendo de la marca de agua embotellada. Sin embargo, las cantidades que se miden son muy por debajo de estándares de agua potable, a excepción de dos que se encontraban en o por encima del nivel máximo permitido de Japón de 2 partes por billón (ppb), el más bajo estándar de todo el mundo de antimonio (Nishioka et al, 2002; Hansen et al, 2006) .

Para Rhonda Saunders, La cantidad de antimonio en el agua embotellada varía considerablemente de una botella a otra. Investigadores de la Universidad de Heidelberg, el Instituto de Geoquímica Ambiental (Alemania) midieron la abundancia de este elemento potencialmente tóxico en 15 marcas de agua embotellada de Canadá y 48 marcas europeas. Se informó de concentraciones de más de 100 veces el nivel promedio de antimonio en las aguas subterráneas cristalinas, lo cual es 2 partes por billón. Después de dejar que las mismas botellas reposar a temperatura ambiente durante 6 meses, los investigadores encontraron que las concentraciones promedio de antimonio en el agua embotellada de Canadá aumentó un 19% y un 90% en las marcas europeas. Diferentes muestras de las mismas marcas registraron tasas de antimonio bastante consistentes de lixiviación (Hansen, 2006). En un caso, sin embargo, una marca embotellada en Francia, pero comprada en Hong Kong produjo concentraciones significativamente más altas de antimonio que la misma marca comprado en Alemania. La mayor parte de las aguas ensayadas fueron empaquetadas en tereftalato de polietileno (PET). "Realmente no tenemos idea de por qué estas botellas de PET tienen diferentes reactividades diferentes", menciona Bill Shotyk, el autor principal del estudio. El trióxido de antimonio se utiliza como un catalizador en la fabricación de PET.

1.4 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Actualmente a nivel de Lima Metropolitana se comercializa agua embotellada en forma ambulatoria en la vía pública, bajo las inclemencias del clima y almacenadas sin tomar en cuenta la fecha de caducidad del

producto expendido, lo que hace de esto un problema que atañe a la salud pública, con lo cual se busca atraer la atención de las autoridades a fin de que se realicen las pesquisas a este tipo de productos que podrían acarrear problemas a la salud. El agua embotellada es un producto de consumo masivo y su contaminación por causas de mal almacenamiento tiene un amplio impacto en la salud pública, lo cual le reviste de una gran importancia. Se quiere mostrar a la comunidad científica que son importantes la aplicación de controles periódicos a las autoridades para que esta contaminación que es evitable no se produzca.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la concentración de antimonio en muestras de agua de consumo humano en envases de polietileno tereftalato expendidos en forma ambulatoria en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola de Lima metropolitana el 17 de febrero, 07 de marzo y 25 de marzo del 2013 en relación a la temperatura ambiental y el tiempo de almacenamiento.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Comparar las concentraciones promedio de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 17 de febrero, 7 de marzo y 25 marzo del 2013 en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola con el valor máximo permisible fijado por la normatividad vigente (OMS y Perú).
2. Correlacionar las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental del 17 de febrero del 2013.
3. Correlacionar las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato

muestreados en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental del 07 de marzo del 2013.

4. Correlacionar las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental del 25 de marzo del 2013.
5. Correlacionar las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado del 17 de febrero del 2013.
6. Correlacionar las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado del 07 de marzo del 2013.
7. Correlacionar las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado del 25 de marzo del 2013.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO FILOSÓFICO O EPISTEMOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se fundamenta en la necesidad de crear nuevo conocimiento a fin de ser utilizado por la sociedad en razón a su bienestar y prosperidad. El sentido de conocer si existe relación entre el aumento de la temperatura y la concentración de antimonio en agua embotellada de venta ambulatoria y la posible migración al agua potable permite conocer el riesgo al cual las personas se exponen a fin de no recomendar su uso, ya que el antimonio puede ser un posible agente cancerígeno en seres humanos según la International agency on research cancer (IARC) que es una dependencia de las Naciones Unidas.

2.2 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

Dabeka y colaboradores, en un estudio de aguas embotelladas del Canadá encontraron que 42 aguas minerales promediaron 320 ng L^{-1} de Sb y 102 aguas de manantial promediaron 300 ng L^{-1} ; estos valores promedio son más de 100 veces mayores que la abundancia promedio de Sb lo cual fue encontrado en aguas subterráneas cristalinas en el sur de Ontario , Canadá ($2.2 \pm 1.2 \text{ ng L}^{-1}$).

Misund y Colaboradores en un estudio de 56 aguas embotelladas de Europa , la concentración promedio de Sb fue 165 ng L^{-1} que es alta en comparación a su abundancia en las aguas subterráneas de Noruega donde los valores son típicos en el orden de 30 ng L^{-1} pero menos frecuente de 2 ng L^{-1} .

Naohara y colaboradores reportaron un estudio de Sb en agua embotellada del Japón encontrando Sb sobre el límite de detección (500 ng L^{-1}) en 16 de 55 marcas .

La comparación de datos de aguas subterráneas cristalinas del Canadá ($2.2 \pm 1.2 \text{ ng L}^{-1}$) con datos publicados para agua embotellada nos conduce a preguntarnos si las concentraciones de Sb reportadas por las botellas de

agua realmente refleja las concentraciones de Sb originalmente se presentan en las aguas naturales previas al embotellado, o si ellos posiblemente reflejan una contribución adicional desde los contenedores en los cuales muchas de las aguas son vendidas (Shotyk et al, 2005) .

De acuerdo a Nishioka y colaboradores, algunas botellas PET usadas para bebidas en Japón contienen Sb, pero otras no lo tienen; él encontró que las concentraciones de Sb estuvieron , ya sea en el rango de 170 a 220 mg kg^{-1} de Sb, o ellos estuvieron debajo del límite de detección (0.1 mg kg^{-1}) .

2.3 BASES TEÓRICAS

ANTIMONIO

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1 Identidad

Tabla N°1. Identidad del antimonio

Compuesto	Numero CAS	Formula molecular
Antimonio	7440-36-0	Sb
Trióxido de antimonio (ATO)	1309-64-4	Sb ₂ O ₃
Tartrato de antimonio y potasio (APT)	28300-74-5	KSbOC ₄ H ₄ O ₆
Tartrato de antimonio y sodio (AST)	34521-09-0	NaSbOC ₄ H ₄ O ₆

1.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

Tabla N°2. Propiedades organolépticas del antimonio.

Propiedad	Sb	Sb ₂ O ₃	KSbOC ₄ H ₄ O ₆	NaSbOC ₄ H ₄ O ₆
Punto de fusión (° C)	630,5	655	100	- -
Punto de ebullición (° C)	1.635	1.425	- -	- -
Densidad a 20 ° C (g/cm ³)	6,691	- -	2.6	- -
Presión de vapor a 886 ° C (kPa)	0.133	- -	- -	- -
La solubilidad en agua (mg / l)	insoluble	0.0171 ¹	fácilmente soluble	fácilmente soluble

¹Kuroda et al. (1991).

1.3 PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS

El tartrato de antimonio y potasio (APT) es inodoro y tiene un sabor metálico dulce . El trióxido de antimonio (ATO) es a la vez inodoro e insípido.

1.4 PRINCIPALES USOS

El antimonio elemental es un metal poco flexible y por lo tanto tiene pocos usos técnicos. Sin embargo, forma aleaciones muy duras y técnicamente interesantes con el cobre, el plomo y el estaño.

ATO como un producto técnico o en procesos técnicos puede servir como un retardante de llama, como una turbidificador en el esmalte blanco y como un iniciador o aditivo en la producción de tereftalato de polietileno. Los compuestos solubles de antimonio pentavalente (antimonio (V)) (estibogluconato sódico, estibosamina) se utilizan como agentes terapéuticos específicos contra diferentes formas de leishmaniasis y son

fisiológicamente más toleradas de los compuestos de antimonio trivalente (antimonio (III)) (Winship, 1987).

APT (tártaro emético) se ha utilizado para inducir el vómito en casos de envenenamiento, y compuestos de antimonio como el tartrato de antimonio de piperazina fueron utilizados como fármacos contra la esquistosomiasis.

1.5 DESTINO AMBIENTAL

La emisión de antimonio en el medio ambiente humano parece ser exclusivamente el resultado de la actividad humana. La mayoría de antimonio es emitida en forma de ATO, que se libera como resultado de la combustión de carbón o con cenizas volantes cuando los minerales que contienen antimonio son fundidos (Nriagu y Pacyna, 1988). Aproximadamente 6400 toneladas de antimonio se transportan anualmente a los océanos.

El comportamiento químico de antimonio es tan complejo como el de arsénico, su vecino en la tabla periódica. Se especula que el antimonio podría ser un co-contaminante natural con arsénico en algunas aguas para beber (Gebel, 1998). Las formas solubles de antimonio (y arsénico) tienden a ser muy móviles en el agua, mientras que las especies menos solubles son adsorbidas sobre partículas de arcilla o del suelo y los sedimentos, donde se une principalmente a la del hierro y el aluminio extraíble (Crecelius et al., 1975). Aunque pocos datos abordan la especiación de antimonio en agua, los que están disponibles junto con las predicciones termodinámicas indican que la forma más favorecida en el agua será el oxoanión pentavalente, $\text{Sb}(\text{OH}_6)^-$.

2. MÉTODOS DE ANÁLISIS

El antimonio puede ser determinado por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (AAS), con un límite de detección de 0,8 $\mu\text{g/Litro}$ (Método 204.2-EPA). Determinación más sensible es posible utilizando espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente

(ICP-MS), con límites de detección de 0,1 µg/Litro en la presencia de otros tres metales y 0,02 µg/Litro (Método 6020-EPA). El antimonio (V) se puede diferenciar de antimonio (III) usando el ácido N-(p-metoxifenil)-2-furilacrilohidroxámico y se puede determinar por separado por AAS electro térmico en concentraciones de antimonio hasta 0,01 µg por Litro.

3. NIVELES AMBIENTALES Y EXPOSICIÓN HUMANA

3.1 AIRE

Se reportaron concentraciones de antimonio atmosféricos de aproximadamente 0,2 ng/m³ para los Alpes en Jungfrauoch, Suiza (Dams y De Jonge,1976). En zonas más densamente pobladas de Europa, los niveles entre 0,6 y 32 ng/m³ se determinaron en la década de 1980 (Hurtig,1990). Las concentraciones de antimonio en el aire se consideran ser menores en la actualidad debido a las emisiones industriales se han reducido significativamente por la introducción de filtros de polvo. En la actualidad, la abrasión de antimonio (y otros metales) de los frenos, los neumáticos y las superficies de la calle, así como la emisión de antimonio aerosólico de gases de los vehículos son las principales fuentes de antimonio en polvo fino urbano (Stechmann,1993). En Göttingen, una ciudad de tamaño medio en Alemania, aproximadamente 176 kg de antimonio se emiten anualmente a partir de las fuentes anteriores (Plessow et al.,1997).

La exposición de la población urbana típica de antimonio de aire se estima entre 60 y 460 ng/día por persona.

3.2 ALIMENTOS

El antimonio no es bioacumulable, así que la exposición de ocurrencia natural de antimonio a través de los alimentos es muy baja. El antimonio está presente en los alimentos, incluyendo verduras cultivadas en suelos contaminados con antimonio, sobre todo en el bajo rango de peso húmedo de µg/kg o menos.

3.3 AGUA

Las concentraciones de antimonio en las aguas subterráneas y superficiales normalmente van desde 0,1 a 0,2 $\mu\text{g/Litro}$. Concentraciones de antimonio marinas son aproximadamente 0,15 $\mu\text{g/Litro}$ (Andreae et al.,1981). El antimonio no es probable que ocurra en concentraciones significativamente más altas en las aguas naturales, excepto en aquellas áreas afectadas por drenaje ácido de mina.

Las aguas residuales domésticas son prácticamente libres de antimonio, en contraste con las aguas residuales de las empresas de procesamiento de vidrio o metal (Enders y Jekel,1994).

El antimonio en un tiempo fue considerado como un posible reemplazo para el plomo en soldaduras, pero no hay evidencia de ninguna contribución significativa a las concentraciones de agua potable de esta fuente. Las concentraciones en el agua potable parecen ser menores de 5 $\mu\text{g/Litro}$.

3.4 EXPOSICIÓN TOTAL ESTIMADA Y LA CONTRIBUCIÓN RELATIVA DEL AGUA POTABLE

Absorción oral diaria de antimonio oscila entre 10 a 70 μg y por lo tanto parece ser significativamente mayor que la absorción a través de la inhalación. La exposición total de fuentes ambientales (aire, suelo) y alimentos/agua potable es muy bajo en comparación con la exposición en el lugar de trabajo.

4. CINÉTICA Y METABOLISMO EN ANIMALES DE LABORATORIO Y SERES HUMANOS.

La solubilidad del ATO en el jugo gástrico sintético ha sido demostrado ser 20 mg/Litro después de 24 horas. Sin embargo, los estudios sobre la absorción indican que es relativamente bajo. Incluso en formas solubles, el antimonio no se absorbe fácilmente en el tracto gastrointestinal, con independencia del estado de valencia (Felicetti et al.,1974). Las tasas de absorción entre 5% y 20% se han observado en los animales (Moskalev,

1959; Waitz et al,1965; Bruwaene Van,1982). El examen de cuatro personas después de la intoxicación aguda involuntaria con APT reveló una tasa de absorción del 5% (Iffland y Bösche,1987; Lauwerys et al.,1990).

En animales de experimentación, después de la absorción, el antimonio se une a los glóbulos rojos de la sangre (Molokhia & Smith,1969; Felicetti et al,1974; Gerber et al,1982) y luego transportado principalmente en el bazo , el hígado y los huesos (Casals,1972) y en cierta medida en la piel y el cabello (Felicetti et al, 1974; Berman et al, 1988). No se sabe en qué medida antimonio inorgánico y orgánico (V) se puede reducir a antimonio (III) in vivo. El antimonio (III) en forma de trihidróxido de antimonio (Sb(OH)_3) puede pasar fácilmente a través de las membranas celulares debido a su falta de carga eléctrica. Esta parece ser la razón de su mayor tiempo medio de eliminación (94 h vs. 24 h) en comparación con el antimonio (V) (Stemmer,1976; Gebel,1997).

Aunque parece que hay pocos datos disponibles sobre la reducción in vivo de antimonio (V) al antimonio (III), parece que las condiciones en que esto puede ocurrir no son las condiciones fisiológicas normales que se encuentran en las células y tejidos. Sólo condiciones especiales de bajo pH pueden facilitar el cambio, y, en circunstancias normales, no se reducirá la mayor parte de cualquier antimonio (V) ingerido. Sin embargo, esto puede ocurrir en una pequeña medida, y la visión expresada recientemente es que esta reducción puede ser importante para la actividad antileishmanial de antimoniato de meglumina, la reducción de antimonio (V) al antimonio (III) tóxico se producen en orgánulos específicos de las especies de Leishmania.

Sb(OH)_3 , como As(OH)_3 , reacciona fácilmente con grupos tiol. Ambas especies de metales trivalentes se acumulan in vitro en células de mamífero cultivadas y parecen ejercer mutuamente toxicidad aditiva o sub-aditiva en la incubación combinada (Felicetti et al,1974;. Buchet et al,1980;. Bailly et al.,1991; Gebel,1997,1998; Schaumlöffel y Gebel,1998). Eliminación de antimonio (III) y arsénico (III) a partir de las células sigue los mismos mecanismos dependientes de ATP y explica la resistencia cruzada entre

ambos elementos trivalentes en células bacterianas y de mamíferos (Wang et al,1996). El antimonio no es un elemento esencial en las plantas o animales.

5. EFECTOS EN ANIMALES DE LABORATORIO Y SISTEMAS DE ENSAYO IN VITRO

5.1 EXPOSICIÓN AGUDA

DL50 Oral reportados para APT en animales de experimentación van desde alrededor de 115 mg/kg de peso corporal en conejos y ratas a 600 mg/kg de peso corporal en ratones. ATO es prácticamente no tóxico (DL50> 20 000 mg/kg de peso corporal), debido a su extremada baja solubilidad en agua.

5.2 EXPOSICIÓN A CORTO PLAZO

5.2.1 APT

En un estudio de agua potable de 14 días del programa nacional de toxicología (NTP) de los E.U.A., APT fue tolerado por las ratas y los ratones en dosis de hasta 168 y 273 mg de antimonio por kg de peso corporal por día, respectivamente. No se observaron lesiones del rumen y el hígado a una dosis de 407 mg/kg de peso corporal por día. Por el contrario, APT administrado por vía intraperitoneal a ratas y ratones en estudios de toxicidad de 16 días provocó claros signos de toxicidad. En ratas, aumento de la mortalidad y lesiones histopatológicas en el hígado y los riñones fueron producidos generalmente a los niveles de dosis más alta (11 y 22 mg de antimonio por kg de peso corporal por día). En ratones, el aumento de la mortalidad y la mínima a benigna necrosis hepatocelular se observó en 50 y 100 mg de antimonio por kg de peso corporal por día . Las grandes diferencias en la toxicidad entre la exposición intraperitoneal y las rutas de

exposición orales se debieron a diferencias significativas en la disponibilidad sistémica y la absorción de APT (Lynch et al., 1999).

En un estudio de 90 días del programa nacional de toxicología (NTP) de los E.U.A., en que los grupos de ratas y ratones fueron inyectados intraperitonealmente con APT a dosis igual a 0; 1,5; 3,0; 6,0; 12 o 24 mg de antimonio por kg de peso corporal por día, las ratas fueron aproximadamente 4 veces más sensible que los ratones al tratamiento APT. Ellos exhiben efectos adversos (aumento de la mortalidad, disminución del peso corporal) a 12 y 24 mg/kg de peso corporal por día. A 6,0 mg/kg de peso corporal por día (machos) y 12 mg/kg de peso corporal por día (hembras), la degeneración y / o necrosis hepatocelular se produjo en asociación con los aumentos relacionados con la dosis en las actividades de la sorbitol deshidrogenasa y alanina aminotransferasa . El nivel de efecto adverso no observable (NOAEL) de antimonio (APT) resultante de la inyección intraperitoneal fue de 3,0 mg de antimonio por kg de peso corporal por día. Esto sería equivalente a un NOAEL oral de aproximadamente 15 mg de antimonio por kg de peso corporal por día, asumiendo el 20% de absorción .

Poon et al. (1998) administró APT en el agua potable durante 90 días a ratas Sprague-Dawley (15 por sexo por dosis) a concentraciones equivalentes a 0; 0,5; 5,0; 50 y 500 mg de antimonio por Litro. Esto correspondía a las ingestas diarias de antimonio 0,06-45.39 mg/kg de peso corporal en hembras y 0,06 a 42,17 mg/kg de peso corporal en machos. Otros grupos de 10 ratas por sexo fueron expuestos a 0 o 500 mg de antimonio por litro en el agua potable durante 90 días y luego se observaron más de 4 semanas para la reversibilidad de los efectos adversos o no adversos mediados por antimonio. No se observaron signos evidentes de toxicidad clínica en cualquier animal. En los machos con dosis altas, una pérdida marcada pero reversible del aumento de peso se produjo, probablemente en conjunción con la distinta reducción de la ingesta de alimentos y agua a esta dosis. Sobre la base de los cambios

histopatológicos sutiles en la tiroides de los machos (aumento de la altura del epitelio, disminución del tamaño folicular), los autores identificaron una NOAEC de 0,5 mg de antimonio por Litro en el agua potable, lo que correspondía a un NOAEL de 0.06 mg de antimonio por kg de peso corporal por día.

Sin embargo, Lynch et al. (1999) cuestionaron la evaluación de los autores del otro "estudio generalmente bien diseñado," apuntando a la naturaleza adaptativa/reversible de las observaciones tiroideas y otras bioquímicas críticas en este estudio, la ausencia de cualquier relación cuantitativa dosis-respuesta, aunque se aplicó un intervalo de dosis más de 1000 veces, y la alta variabilidad fisiológica y/o la ocurrencia relacionada con el tratamiento de los efectos críticos observados. Por otra parte, "ninguno de los cambios histológicos sutiles registrados por Poon et al.(1998) fueron detectados en el estudio NTP(1992). "En lugar de 0,06 mg de antimonio por kg de peso corporal por día, Lynch et al. (1999) propusieron un NOAEL subcrónico de 6,0 mg de antimonio por kg de peso corporal por día, lo que corresponde a 50 mg de antimonio por Litro en el estudio de agua potable de Poon et al. (1998). Este NOAEL se basó en la disminución de la ganancia del peso corporal y la ingesta de alimentos y agua observada reducidas en ese mismo estudio a 500 mg de antimonio por Litro, que es el LOAEC correspondiente a un LOAEL de 60 mg de antimonio por kg de peso corporal por día (Lynch et al.,1999).

5.2.2 ATO

En un estudio GLP de determinación del intervalo de dosis, ATO incorporado en la dieta de ratas derivadas de Wistar (Alpk: ApfSD) (ocho por sexo por grupo) a concentraciones de 0; 1000; 5000 o 20 000 mg/Kg durante 28 días causaron cambios significativos sólo en dos hembras de dosis superior. Las lesiones en los riñones y el hígado no eran de gravedad marcada, pero la lesión se ve en la cápsula suprarrenal era inusual y podría ser relacionado con el tratamiento. El LOAEC de 20 000 mg de ATO por kg

en la dieta fue equivalente a una dosis diaria de 1000 mg de antimonio por kg de peso corporal por día (LOAEL), la dosis exacta depende de la relación de consumo de alimento/peso corporal .

En un estudio GLP subcrónico, ATO dado a ratas derivadas Wistar (Alpk: ApfSD) (12 por sexo por dosis) en la dieta en concentraciones de 0; 1000; 5000 o 20 000 mg/kg durante 90 días no provocó resultados toxicológicamente significativos en cualquiera de los grupos de dosis (Hext et al., 1999). No se observaron efectos adversos sobre el peso corporal, el consumo de los alimentos o los parámetros hematológicos. Se observó un número de cambios bioquímicos, estadísticamente significativas, pero inconsistentes, incluyendo una disminución de la fosfatasa alcalina en el plasma en las dos dosis más altas en los machos y la dosis más alta en las hembras; un aumento en los triglicéridos en el plasma en la dosis más alta en los machos, pero sin tendencia; un aumento del colesterol en la dosis más alta en las hembras; y un aumento de la aspartato aminotransferasa en el plasma en la dosis más alta en los machos. Además, los pesos del hígado se incrementaron ligeramente a 20 000 mg/kg en animales de ambos sexos, y el volumen de la orina y la gravedad específica se redujeron en las hembras de 20 000 mg/kg. Los autores consideran que ninguno de estos cambios sean de importancia toxicológica. En la necropsia, no se hicieron hallazgos relacionados con el tratamiento. El NOAEC de 20 000 mg de ATO por kg en la dieta era equivalente a un NOAEL de 1685,9 mg de ATO por kg de peso corporal por día (o 1407,7 mg de antimonio por kg de peso corporal por día).

5.2.3 COMPARACIÓN ENTRE APT Y ATO

La gran diferencia en toxicidad entre antimonio ATO y antimonio APT es debido a la diferencia significativa entre biodisponibilidades y las exposiciones sistémicas correspondientes. Esto no es inesperado, en vista de la alta solubilidad en agua de APT y la naturaleza insoluble de ATO.

5.3.LA EXPOSICIÓN A LARGO PLAZO

Los primeros estudios sobre la toxicidad oral crónica y subcrónica de antimonio se llevaron a cabo utilizando APT. Lynch et al. (1999) ampliamente revisó estos estudios y levantó varios puntos de crítica. Uno de estos estudios, realizados por Schröder et al. (1970), fue la base experimental en la que se deriva el valor guía provisional en la segunda edición de las Guías.

5.4 TOXICIDAD REPRODUCTIVA Y DEL DESARROLLO

Se informó que la exposición a 250 mg de antimonio por m³ en el aire durante 4 horas por día durante un período de 2 meses causa algunos efectos adversos sobre el resultado reproductivo de las ratas. Teratogenicidad del dextraneglicosido de antimonio (V) o de tricloruro de antimonio no se pudo demostrar en ratas y ovejas (Rossi et al., 1987). Sin embargo, ¹²⁵Sb se demostró que atraviesa la placenta y también se encontró en la leche de ratas lactantes (Gerber et al., 1982).

5.5 MUTAGENICIDAD Y PUNTOS FINALES RELACIONADOS

ATO fue genotóxico en una serie de ensayos de mutación bacteriana antiguos, pero no en los más recientes (Lantzsche y Gebel, 1997). Los resultados contradictorios también se obtuvieron con respecto a la genotoxicidad de antimonio en células de mamífero cultivadas. Los resultados positivos se observaron con ATO en el ensayo citogenético in vitro con linfocitos humanos y el ensayo de intercambio de cromátidas hermanas con células V79 (Kuroda et al., 1991), pero no en el ensayo de mutación L5178Y.

La genotoxicidad in vivo de ATO fue ampliamente investigado por Elliott et al. (1998), utilizando pruebas de micronúcleos de médula ósea de ratón a dosis fija y repetida y el ensayo de síntesis de ADN no programada de hígado de rata. Los tres estudios fueron negativos. En contraste, Gurnani et al. (1992a) informó daño cromosómico por ATO en las células de la médula

ósea de ratón después de dosis repetidas, pero no después de una sola dosis. Esta discrepancia entre Elliott et al. (1998) y Gurnani et al. (1992a) con respecto a repetir la dosificación puede explicarse (Elliott et al., 1998) por la "pureza no específica" y toxicidad sistémica mucho más alta de la muestra de ATO utilizada por Gurnani et al. (1992a). Por esta razón, y debido a la escasa solubilidad en agua de ATO (17 µg/litro), Elliott et al. (1998) concluyeron que ATO no era genotóxico in vivo.

Diferentes resultados se obtuvieron con compuestos de antimonio más solubles en agua. Los compuestos tricloruro de antimonio y pentacloruro de antimonio fueron reportados de ser genotóxico en el ensayo-rec con *Bacillus subtilis* (Kanematsu et al,1980; Kuroda et al.,1991). El acetato de antimonio (III) mejoró la transformación mediada por el adenovirus-7 simio de las células de embrión de hámster sirio (Casto et al.,1979), y se informó de mejora de la tasa de roturas cromosómicas en los leucocitos humanos después del tratamiento con APT (Paton y Allison, 1972) .

La potencia del antimonio (III) para inducir micronúcleos in vitro en células V79 y linfocitos humanos fue de aproximadamente de 1 orden de magnitud menor que la de arsénico (III) (Gebel, 1998; Schaumlöffel y Gebel, 1998). Los niveles de dosis comparables en linfocitos humanos fueron 0,5 µmol/Litro para el arsénico (III) y 5 µmol/litro de antimonio (III). En contraste con el arsenito de sodio, el tricloruro de antimonio no indujo entrecruzamientos de proteína-ADN en células V79 y linfocitos humanos periféricos (Gebel et al., 1998; Schaumlöffel y Gebel, 1998). La genotoxicidad del antimonio (III) también fue menor que la del arsénico (III) en la prueba de intercambio de cromátidas hermanas y en una prueba de gel de una sola célula revisado por Gebel (1999a).

In vivo, el tártaro emético (APT) y la bilharcida (tartrato antimonio de piperazina), dos medicamentos importantes esquistosomicidas, se reportaron que eran genotóxicos después de la aplicación aguda y subaguda en ratas. Siete días después de ser administrados por vía oral a ratones suizos, se informó que el tricloruro de antimonio causó aumento de

las tasas de aberraciones cromosómicas en células de médula ósea (Gurnani et al., 1992b).

5.6 CARCINOGENESIS

La mayor preocupación con respecto a la carcinogenicidad de compuestos de antimonio se refiere a la vía de inhalación. ATO ha demostrado ser carcinógeno para los animales experimentales en estudios de inhalación (IARC, 1989) y para causar daño pulmonar directo después de la inhalación crónica como consecuencia de la sobrecarga con partículas insolubles.

En contraste, los estudios orales de toda la vida con ratas LE (Schröder et al., 1970) o ratones CD Charles River (Schröder et al., 1968; Kanisawa y Schröder, 1969), en que los animales fueron expuestos a 5 y / o 50 mg de antimonio (como APT) por litro en el agua potable, no dio ninguna indicación de que el antimonio (III) mostrara potencial carcinogénico por la vía oral. Sin embargo, Lynch et al. (1999), revisó críticamente los tres estudios y concluyeron que no eran adecuados para hacer una evaluación definitiva de la carcinogenicidad de antimonio porque contenían muchos defectos en el diseño y la metodología experimental. Además, se consideró el uso de estos estudios inapropiado como punto de partida cuantitativa para evaluar los riesgos de cáncer asociados a la exposición de antimonio oral.

6. EFECTOS EN LOS HUMANOS

La toxicidad del antimonio es una función de la solubilidad en agua y el estado de oxidación de las especies de antimonio bajo consideración (Elinder y Friberg, 1986). En general, antimonio (III) es más tóxico que antimonio (V), y los compuestos inorgánicos son más tóxicos que los compuestos orgánicos (Stemmer, 1976), como la estibina (SbH_3), un gas lipofílico, que es más tóxico (por inhalación) .

Sales solubles de antimonio, después de la absorción oral, ejercen un fuerte efecto irritante sobre la mucosa gastrointestinal y provocan vómitos

sostenidos. Otros efectos incluyen calambres abdominales, diarrea y toxicidad cardíaca (Elinder y Friberg,1986). La dosis mínima letal para la intoxicación oral por parte de antimonio en forma de APT (tártaro emético) se reporta en los libros de texto como 300 mg de APT para un niño y 1.200 mg de APT para un adulto. Los síntomas agudos son similares a los observados después de la intoxicación aguda por vía oral por el arsénico (Wirth,1994).

Absorción respiratoria crónica de polvos que contienen antimonio conduce a la irritación de las vías respiratorias y daño al miocardio y hepático (Elinder y Friberg,1986; Winship,1987).

Con respecto a los posibles efectos en la reproducción de antimonio en los seres humanos, un estudio incompleto informó que los compuestos de antimonio respirados podrían provocar nacimientos prematuros y abortos espontáneos.

La exposición oral repetida a dosis terapéuticas de antimonio (III) se asoció con la destrucción del nervio óptico, uveítis y hemorragia retiniana. Los síntomas específicos de intoxicación son acompañados generalmente por dolor de cabeza, tos, anorexia, el sueño con problemas y el vértigo (Stemmer,1976).

Inducción significativa de aberraciones cromosómicas y micronúcleos se informó en 15 pacientes que recibieron dosis terapéuticas de APT (Hashem y Shawki,1976). En un estudio de caso de un paciente que sufría de leishmaniasis visceral y tratado con antimoniato de meglumina (antimonio (V)), los autores informaron de un aumento en el número de células con micronúcleos, pero no hay cambios en el intercambio de cromátidas hermanas o aberraciones estructurales en los cromosomas en los linfocitos. Sobre la base de estos resultados, los autores concluyeron que este compuesto no representaba un riesgo mutagénico o carcinogénico para los humanos.

La exposición por inhalación del ATO en los lugares de trabajo se asoció con una mayor incidencia de cáncer de pulmón, pero no con tumores de otros órganos (Elinder y Friberg, 1986).

7. VALOR DE REFERENCIA.

Aunque hay alguna evidencia para la carcinogenicidad de ciertos compuestos de antimonio por inhalación, no hay datos que indiquen carcinogenicidad por vía oral. La IARC ha concluido que no hay pruebas suficientes de la carcinogenicidad de ATO en humanos pero evidencia suficiente en animales de experimentación y que sólo hay evidencia limitada para la carcinogenicidad de trisulfuro de antimonio en animales de experimentación. ATO fue asignado al Grupo 2B y trisulfuro de antimonio al Grupo 3 (IARC, 1989).

El trióxido de antimonio, debido a su baja biodisponibilidad, es genotóxico solo en algunas pruebas in vitro, pero no in vivo, mientras que las sales de antimonio soluble (III) ejercen efectos genotóxicos in vitro e in vivo.

La fuente más común de antimonio en el agua de consumo parece ser la disolución de las tuberías y accesorios de metal. La forma de antimonio en el agua de consumo es un factor determinante de su toxicidad, y parece que el antimonio lixiviado de los materiales que contienen antimonio estaría en la forma de oxo-anión de antimonio (V), que es la forma menos tóxica. Por tanto, es fundamental que el estudio seleccionado para la derivación directriz sea un estudio del agua potable.

En el estudio subcrónico de agua potable en ratas realizadas por Poon et al (1998), el NOAEL sugerido (Lynch et al., 1999) fue 6,0 mg/kg de peso corporal por día basado en la disminución de ganancia de peso corporal y la reducción de la ingesta de comida y agua. A TDI de 6 µg/kg de peso corporal puede ser determinada mediante la aplicación de un factor de incertidumbre de 1000 (100 para la variación intra e interespecies y 10 para el uso de un estudio subcrónico). Un valor de referencia de 20 µg/litro (cifra redondeada) se puede derivar de este TDI asumiendo que un adulto de 60

kg bebe 2 litros de agua por día y asignando el 10% de la TDI al agua de consumo. Cabe señalar que este valor podría ser altamente conservador debido a la naturaleza de los puntos finales y el factor de incertidumbre grande; más datos podrían resultar en un factor de incertidumbre inferior.

Existen métodos analíticos adecuados para el antimonio en el agua potable con límites de detección por debajo del valor de referencia. A medida que la fuente más común de antimonio en el agua de consumo parece ser la disolución de las tuberías y accesorios de metal, el control del antimonio de esas fuentes sería por el control del producto. En un tiempo, el antimonio se sugirió como un posible reemplazo para el plomo en soldaduras, pero no hay ninguna evidencia de que esto ha ocurrido. El antimonio no se elimina del agua por procesos de tratamiento convencionales (EUREAU,1994). Por lo tanto, el control sería por la selección o la dilución de origen.

La posibilidad de co-exposición de los consumidores al arsénico y antimonio en agua de consumo requeriría una evaluación de las condiciones geológicas locales sobre una base de caso por caso. Si se encontraran ambos elementos de estar presentes, evaluaciones de riesgo para casos específicos para su posible aditividad y efectos sinérgicos tendría que ser realizado.

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1 HIPÓTESIS

3.1.1. HIPOTESIS GENERAL

El contenido de antimonio en agua de consumo humano en envases de polietileno tereftalato y expendidas en forma ambulatoria en las avenidas Nicolás de Piérola y Alfonso Ugarte de Lima Metropolitana muestreadas el 17 de febrero, 07 de marzo y 25 de marzo del 2013 supera los valores máximos permisibles de la Organización mundial de la salud.

3.1.2. HIPOTESIS ESPECIFICAS

1. La media de la concentración de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato expendidos en forma ambulatoria en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola correspondiente a los tres muestreos, mediante la espectrofotometría de absorción atómica excede los valores máximos permisibles.
2. Existe correlación entre las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato y la temperatura ambiental muestreados en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola del 17 de febrero del 2013.
3. Existe correlación entre las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato y la temperatura ambiental muestreados en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola del 07 de marzo del 2013.
4. Existe correlación entre las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato y la temperatura ambiental muestreados en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola del 25 marzo del 2013.
5. Existe correlación entre las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato y el tiempo de envasado muestreados en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola del 17 de febrero del 2013.

6. Existe correlación entre las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato y el tiempo de envasado muestreados en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola del 07 de marzo del 2013.
7. Existe correlación entre las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato y el tiempo de envasado muestreados en las avenidas Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola del 25 marzo del 2013.

3.2 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

- **Variable Independiente**
Temperatura ambiental
Tiempo de envasado
- **Variable Dependiente**
Antimonio en agua embotellada
- **Variables Intervinientes**
Volumen de agua embotellada

3.3. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Básica

3.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Transeccional o transversal: descriptivo, y correlacional.

3.4. UNIDAD DE ANÁLISIS

Concentración de antimonio en agua embotellada.

Unidad de muestreo: Agua embotellada en venta ambulatoria.

Muestra probabilística intencional.

3.5. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Puestos de expendio de agua embotellada de venta ambulatoria de Lima metropolitana.

3.6. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

1. Botella lista para la venta.
2. Proveniente de un expendio ambulatorio.
3. Expendio ambulatorio no menor de 3 meses de acuerdo a la licencia de funcionamiento o carnet de salud.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

5. Envases dañados.

CRITERIOS DE ELIMINACIÓN:

6. No ubicación del lugar de expendio para el siguiente muestreo

CÁLCULO DE MUESTRAS EN LA AVENIDA ALFONSO UGARTE

Si la avenida Alfonso Ugarte tiene 14 cuadras y en cada cuadra hay 4 puestos ambulantes de agua embotellada y demás esto hace un total de 56 por 3 mediciones. Es decir 168 observaciones como población.

$$n1 = \frac{N * p * q * Z^2}{e^2 N - 1 + p * q * Z^2}$$

Para calcular la muestra n1 se aplicó la fórmula para el tamaño de muestra en poblaciones finitas, tomando como referencia a Villegas :

Dónde:

n =Tamaño de la muestra

N=Tamaño de la población = 168

Z=Límite de confianza = 1.96

p=Probabilidad de acierto =0.5

q=Probabilidad de no acierto=0.5

e=Error máximo permitido =0.22

Reemplazando:

$$n1 = \frac{168 * 0,5 * 0,5 * 1,96^2}{0,22^2 * 168 - 1 + 0,5 * 0,5 * 1,96^2} = 18$$

Se considera una muestra de 18 observaciones en la avenida Alfonso Ugarte.

CÁLCULO DE MUESTRAS EN LA AVENIDA NICOLÁS DE PIÉROLA

Si la avenida Nicolás de Piérولا tiene 17 cuadras y en cada cuadra hay 4 puestos ambulantes de agua embotellada y además esto hace un total de 68 por 3 mediciones. Es decir 204 observaciones como población

$$n2 = \frac{N * p * q * Z^2}{e^2 * N - 1 + p * q * Z^2}$$

Para calcular la muestra n2 se aplicó la fórmula para el tamaño de muestra en poblaciones finitas, tomando como referencia a Villegas :

Dónde:

n =Tamaño de la muestra

N=Tamaño de la población = 204

Z=Límite de confianza = 1.96

p=Probabilidad de acierto =0.5

q=Probabilidad de no acierto=0.5

e=Error máximo permitido =0.201

Reemplazando:

$$n1 = \frac{204 * 0,5 * 0,5 * 1,96^2}{0,201^2 * 204 - 1 + 0,5 * 0,5 * 1,96^2} = 21$$

Se considerar una muestra de 21 observaciones en la avenida Nicolás de Piérola. (Villegas, L. ,2005).

3.7. TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

- Técnicas: Observación.
- Instrumentos. Reporte de los datos a través de una ficha de recolección de datos.

PROCEDIMIENTOS (ETAPAS DEL ESTUDIO)

- Se recolecto información del tiempo de almacenamiento de las aguas embotelladas de consumo humano
- Se determinó los niveles de concentración de antimonio.
- Se estableció los límites máximos permisibles dados por la Organización Mundial de la Salud y el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano de Perú.
- Con estos criterios se fijaron dos categorías de muestras, según los contenidos del elemento estudiado. Se han denominado “muestras que superan los límites máximo permisibles” y “muestras que no superan los límites máximo permisibles”, de acuerdo a la legislación vigente (Organización Mundial de la Salud y el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano de Perú).

3.8. OBTENCIÓN, RECOLECCIÓN Y CODIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

Se recolectaron las muestras en tres etapas (17 de febrero, 07 de marzo y 25 de marzo del 2013) durante los meses de verano del 2013, se recolectaron 39 muestras de agua embotellada para consumo humano (13 cada dos semanas) y fueron debidamente identificadas con codificación alfanumérica en orden ascendente de acuerdo a la numeración de las cuadras (nombre de la avenida, numero de cuadra, alfabeto por esquina y numero de muestreo, por ejemplo: U7AP ; significa avenida Alfonso Ugarte, cuadra 7, primera esquina y primer muestreo) para evitar confusiones de acuerdo al puesto de expendio ambulatorio.

TRANSPORTE Y CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS

Las 39 muestras recolectadas fueron transportadas y posteriormente almacenadas en refrigeración hasta su procesamiento en el laboratorio de análisis al día siguiente de realizado el muestreo.

3.9. METODOLOGÍA ANALÍTICA EMPLEADA EN LA DETERMINACIÓN DEL ANTIMONIO

3.9.1. DETERMINACIÓN DE ANTIMONIO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCIÓN ATOMICA POR LA TÉCNICA DE HORNO DE GRAFITO (Método corresponde al APHA con aplicaciones y modificaciones utilizando principios químicos). (APHA,2005).

1) Procedimiento:

Se mide 100ml de muestra con una pipeta graduada luego agregar 5ml de HNO_3 (cc) para la digestión y llevarlo a la plancha hasta reducir a un volumen de 20ml a ebullición lenta antes de que tenga lugar una precipitación. No dejar que la muestra se seque durante la digestión.

Se filtra a través de filtro de membrana, ajustando el volumen del filtrado a 100ml con agua ultra pura y se procede al análisis con el equipo de absorción atómica.

2) Reactivos:

- ✓ Estándar certificado de antimonio de 1000 mg/L.
- ✓ Ácido nítrico, HNO_3 concentrado.
- ✓ Agua ultra pura.

3) Materiales

- ✓ Fiolas de 100mL
- ✓ Pipetas de 100mL.
- ✓ Vasos de 250mL.
- ✓ Lunas de reloj
- ✓ Plancha eléctrica.

4) Equipos

- ✓ Equipo de absorción atómica SHIMADZU AA-6800
- ✓ Horno de grafito GFA-EX7
- ✓ Inyector automático, Autosampler ASC-6100
- ✓ Computadora
- ✓ **Plancha** térmica
- ✓ Balón de Argón, 99.999% de pureza

5) Preparación de estándares:

5.1) Estándar patrón de antimonio, Medir 100µg/ml del estándar certificado y diluir a 100ml con agua ultra pura. El estándar tiene duración de 1 año.

5.2) Estándar de antimonio, 10µg/ml: Medir 10ml del estándar de 100µg/ml y diluir a 100ml con ácido clorhídrico ultra puro al 10%. Tiene una duración de 6 meses.

5.3) Estándar de antimonio, 1µg/ml: Medir 10ml del estándar de 10µg/ml y diluir a 100ml con ácido clorhídrico ultra puro al 10%. Tiene una duración de una semana.

5.4) Estándar de antimonio, 0.1 µg/ml (100µg/L): Medir 5ml del estándar de 1mg/L diluir a 50ml con ácido clorhídrico ultra puro al 10%. Tiene duración de un día.

5.5) Estándares de calibración: Medir 1ml, 3ml y 5ml del estándar de 100µg/L, agregar 5ml de HCl concentrado para análisis de trazas y 10ml de la solución reductora, dejar reposar 45 minutos y luego diluir a 50ml con agua ultra pura para obtener concentraciones de 4µg/L, 12µg/L y 20µg/L respectivamente. Los estándares tienen duración de un día.

5.6) Blanco de calibración: Tomar un volumen de agua ultra pura acidificada, con la misma cantidad de ácido que los estándares de calibración.

6) Medición:

6.1) Se prendió el equipo de absorción atómica SHIMADZU AA-6800, el equipo de horno de grafito 6FA-EX7 con inyector automático (autosampler) y la computadora, se colocó la lámpara de cátodo hueco de plomo. Siguiendo el procedimiento de operación del horno de grafito HGA-600, se calibro el instrumento, asegurando el alineamiento del autosampler antes de iniciar la corrida analítica también. Usando el control manual del brazo muestreador, se hizo balancear el brazo sobre el tubo de grafito, sin tocar el borde del hueco. Con la ayuda de un espejo dental, se observó que el extremo del capilar esté a 2mm, por encima de la plataforma del tubo.

6.2) Luego colocar el blanco de calibración, el estándar de trabajo de 20 µg/L, el blanco reactivo y las muestras a los viales previamente identificados y enumerados correspondientemente, para posteriormente llevarlos al carrusel del autosampler.

6.3) Programar la calibración automática y chequear la curva de calibración

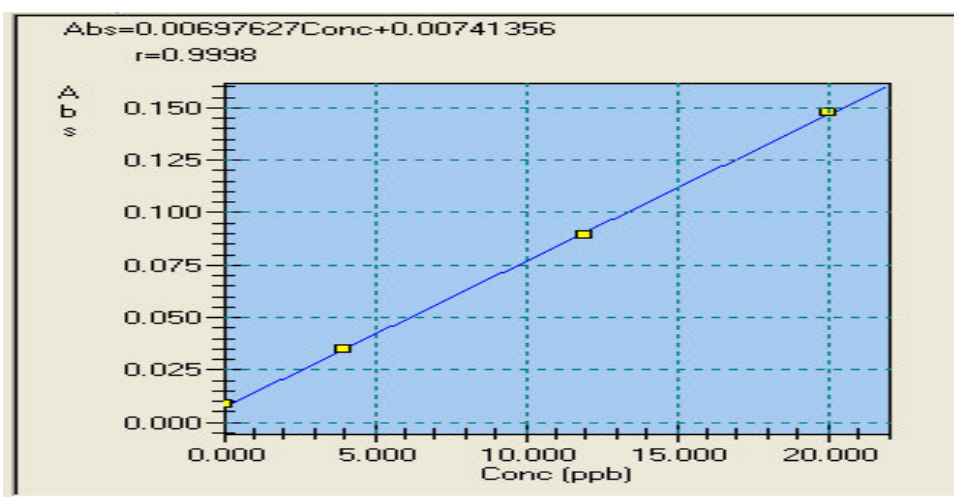


Figura N°1. Curva de calibración y relación de estándares

6.4) Programar el análisis de las muestras y constatar los resultados.

Concentración(ppb)	Absorbancia
4.0000	0.0346
12.0000	0.0896
20.0000	0.1480

Figura N°2. Concentración de estándares a utilizar.

6.5) Las condiciones instrumentales para un análisis de antimonio por horno de grafito son:

- ✓ Se usa corrección de fondo (background)
- ✓ Longitud de onda: 217.6 nm.

- ✓ Slit: 0.5
- ✓ Medida de señal: Área del pico (A-As)
- ✓ Tubo de grafito con plataforma
- ✓ Temperatura programada del horno de grafito:

Temperatura de secado: 120°C

Temperatura de pre tratamiento: 800°C

Temperatura de atomización: 2400°C

Volumen de muestra: 20 µL

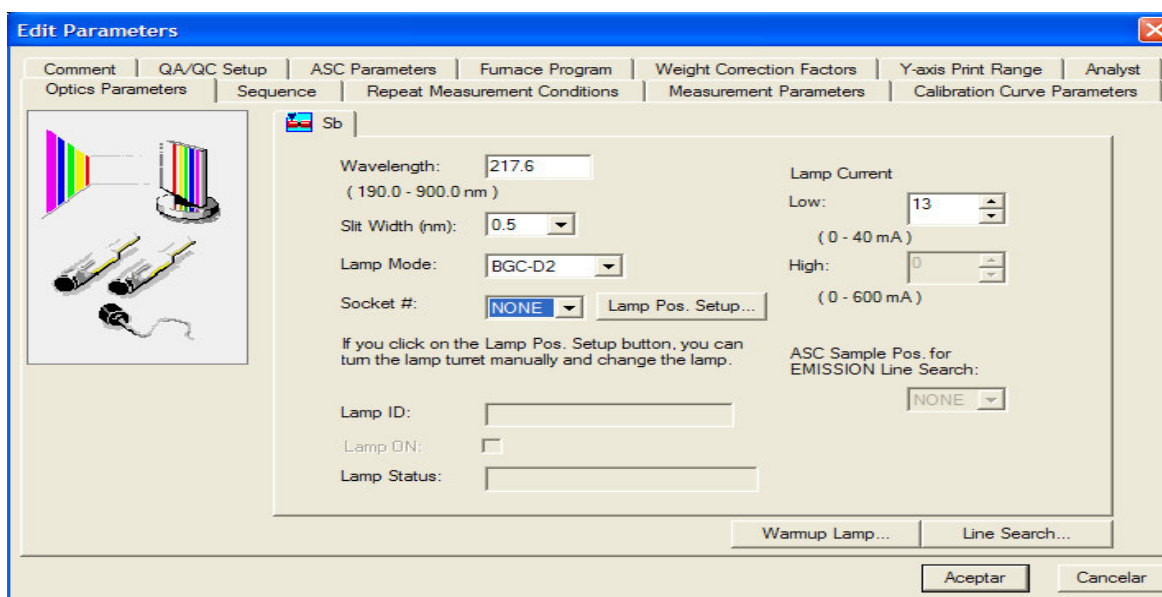


Figura N°3. Parámetros de edición para antimonio (EAA)

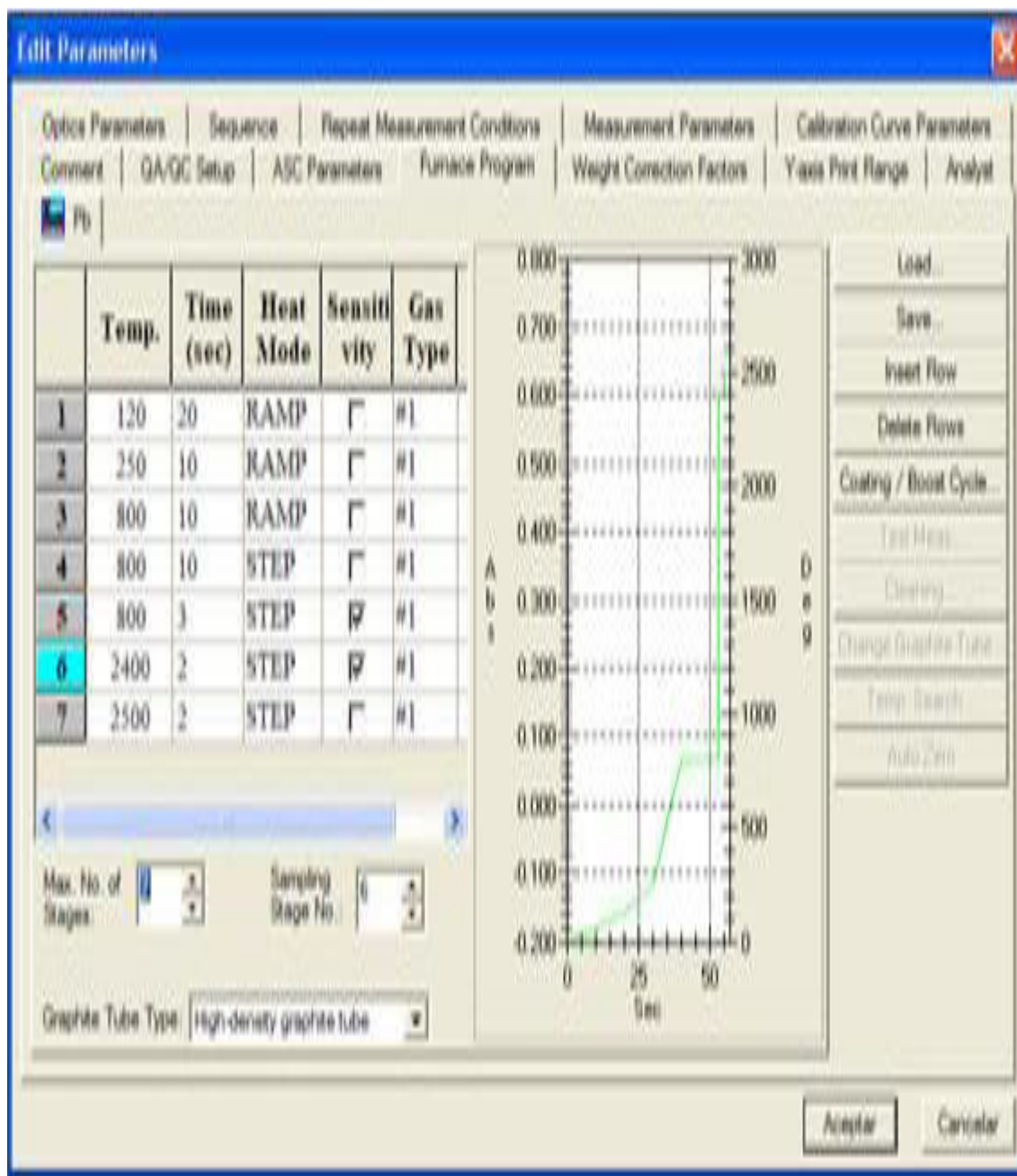


Figura N°4. Programación del horno para antimonio (EAA)

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En el trabajo de investigación se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla N°3. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas (codificación alfanumérica) en los meses de febrero y marzo del 2013 en la avenida Alfonso Ugarte.

Código del 1° Muestreo	17 de febrero del 2013	Código del 2° Muestreo	07 de marzo del 2013	Código del 3° Muestreo	25 de marzo del 2013
U3BP	0,04	U3BS	2,44	U3BT	2,25
U7BP	1,08	U7BS	2,10	U7BT	1,63
U8AP	0,20	U8AS	1,68	U8AT	4,86
U9AP	0,04	U9AS	1,75	U9AT	0,98
U12BP	0,50	U12BS	2,61	U12BT	2,11
U13BP	0,13	U13BS	1,88	U13BT	2,82

Tabla N°4. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas (codificación alfanumérica) en los meses de febrero y marzo del 2013 en la avenida Nicolás de Piérola

Código del 1° Muestreo	17 de febrero del 2013	Código del 2° Muestreo	07 de marzo del 2013	Código del 3° Muestreo	25 de marzo del 2013
P4AP	0,04	P4AS	2,12	P4AT	0,49
P5AP	0,04	P5AS	1,83	P5AT	1,63
P6CP	0,04	P6CS	2,15	P6CT	3,63
P7AP	0,04	P7AS	2,68	P7AT	4,80
P8BP	0,19	P8BS	1,75	P8BT	0,82
P11AP	2,45	P11AS	1,80	P11AT	2,72
P14CP	1,08	P14CS	1,63	P14CT	1,75

Tabla N°5. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas (codificación alfanumérica) el 17 de febrero del 2013 y la temperatura ambiental a la cual se muestreo en la avenida Alfonso Ugarte.

Código del1° Muestreo	17 de febrero del 2013 (Concentración de Sb)	Temperatura ambiental (° C)
U3BP	< 0,04 ppb	24
U7BP	1,08 ppb	24
U8AP	0,20 ppb	23
U9AP	< 0,04 ppb	22
U12BP	0,50 ppb	22
U13BP	0,13 ppb	23

Tabla N°6. Concentración de antimonio de las muestras recolectadas (codificación alfanumérica) el 17 de febrero del 2013 y temperatura ambiental a la cual se muestreo en la avenida Nicolás de Piérola.

Código del1° Muestreo	17 de febrero del 2013 (Concentración de Sb)	Temperatura ambiental (° C)
P4AP	< 0,04 ppb	24
P5AP	< 0,04 ppb	24
P6CP	< 0,04 ppb	23
P7AP	< 0,04 ppb	24
P8BP	0,19 ppb	22
P11AP	2,45 ppb	23
P14CP	1,08 ppb	22

Tabla N°7 Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 07 de marzo del 2013 y la temperatura ambiental en la avenida Alfonso Ugarte.

Código del 1° Muestreo	07 de marzo del 2013 (Concentración de Sb)	Temperatura ambiental (° C)
U3BS	2,44 ppb	23
U7BS	2,10 ppb	22
U8AS	1,68 ppb	22
U9AS	1,75 ppb	23
U12BS	2,61 ppb	22
U13BS	1,88 ppb	22

Tabla N°8 Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 07 de marzo del 2013 y temperatura a la cual se muestreo en la avenida Nicolás de Piérola.

Código del 1° Muestreo	07 de marzo del 2013 (Concentración de Sb)	Temperatura ambiental (° C)
P4AS	2,12	24
P5AS	1,83	23
P6CS	2,15	23
P7AS	2,68	24
P8BS	1,75	22
P11AS	1,80	23
P14CS	1,63	24

Tabla N°9 Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 25 de marzo del 2013 y la temperatura a la cual se muestreo en la avenida Alfonso Ugarte.

Código del 1° Muestreo	25 de marzo del 2013 (Concentración de Sb)	Temperatura ambiental (° C)
U3BT	2,25	24
U7BT	1,63	23
U8AT	1,86	22
U9AT	0,98	23
U12BT	2,11	22
U13BT	2,82	22

Tabla N°10 Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 25 de marzo del 2013 y temperatura a la cual se muestreo en la avenida Nicolás de Piérola.

Código del 1° Muestreo	25 de marzo del 2013 (Concentración de Sb)	Temperatura ambiental (° C)
P4AT	0,49	22
P5AT	1,63	22
P6CT	3,63	23
P7AT	4,80	22
P8BT	0,82	23
P11AT	2,72	23
P14CT	1,75	24

Tabla N°11 Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 17 de febrero del 2013 (1° Muestreo) y el tiempo de envasado en la avenida Alfonso Ugarte.

Código del 1° Muestreo	17 de febrero del 2013 (Concentración de Sb)	Tiempo de envasado (días)
U3BP	< 0,04 ppb	28
U7BP	1,08 ppb	16
U8AP	0,20 ppb	10
U9AP	< 0,04 ppb	13
U12BP	0,50 ppb	82
U13BP	0,13 ppb	08

Tabla N°12 Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 17 de febrero del 2013 (1° Muestreo) y el tiempo de envasado en la avenida Nicolás de Piérola.

Código del 1° Muestreo	17 de febrero del 2013 (Concentración de Sb)	Tiempo de envasado (días)
P4AP	< 0,04 ppb	24
P5AP	< 0,04 ppb	25
P6CP	< 0,04 ppb	26
P7AP	< 0,04 ppb	26
P8BP	0,19 ppb	35
P11AP	2,45 ppb	11
P14CP	1,08 ppb	11

Tabla N°13 Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 07 de marzo del 2013 (2° Muestreo) y el tiempo de envasado en la avenida Alfonso Ugarte.

Código del 2° Muestreo	07 de marzo del 2013 (Concentración de Sb)	Tiempo de envasado (días)
U3BS	2,44 ppb	05
U7BS	2,10 ppb	26
U8AS	1,68 ppb	01
U9AS	1,75 ppb	52
U12BS	2,61 ppb	32
U13BS	1,88 ppb	04

Tabla N°14 Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 07 de marzo del 2013 (2° Muestreo) y el tiempo de envasado en la avenida Nicolás de Piérola.

Código del 2° Muestreo	07 de marzo del 2013 (Concentración de Sb)	Tiempo de envasado días
P4AS	2,12 ppb	02
P5AS	1,83 ppb	05
P6CS	2,15 ppb	06
P7AS	2,68 ppb	06
P8BS	1,75 ppb	21
P11AS	1,80 ppb	36
P14CS	1,63 ppb	04

Tabla N°15 Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 25 de marzo del 2013 (3° Muestreo) y el tiempo de envasado en la avenida Alfonso Ugarte.

Código del 3° Muestreo	25 de marzo del 2013 (Concentración de Sb)	Tiempo de envasado (días)
U3BT	2,25 ppb	12
U7BT	1,63 ppb	19
U8AT	1,86 ppb	12
U9AT	0,98 ppb	12
U12BT	2,11 ppb	25
U13BT	2,82 ppb	31

Tabla N°16 Concentración de antimonio de las muestras recolectadas el 25 de marzo del 2013 (3° Muestreo) y el tiempo de envasado en la avenida Nicolás de Piérola.

Código del 3° Muestreo	25 de marzo del 2013 (Concentración de Sb)	Tiempo de envasado (días)
P4AT	0,49 ppb	01
P5AT	1,63 ppb	01
P6CT	3,63 ppb	09
P7AT	4,80 ppb	11
P8BT	0,82 ppb	06
P11AT	2,72 ppb	06
P14CT	1,75 ppb	18

e. Conclusión: Dado que $p=0,0000 < 0,05$ entonces rechazar H_0 es decir, la concentración de antimonio de la muestra en la avenida Alfonso Ugarte es menor estadísticamente en relación al máximo valor permisible (20 ppb). Asimismo, se aprecia que la media de concentración de antimonio en la avenida Alfonso Ugarte es 1,61ppb y la desviación estándar de 1,23 ppb. Con un mínimo de 0,04ppb y un máximo de 4,86 ppb .

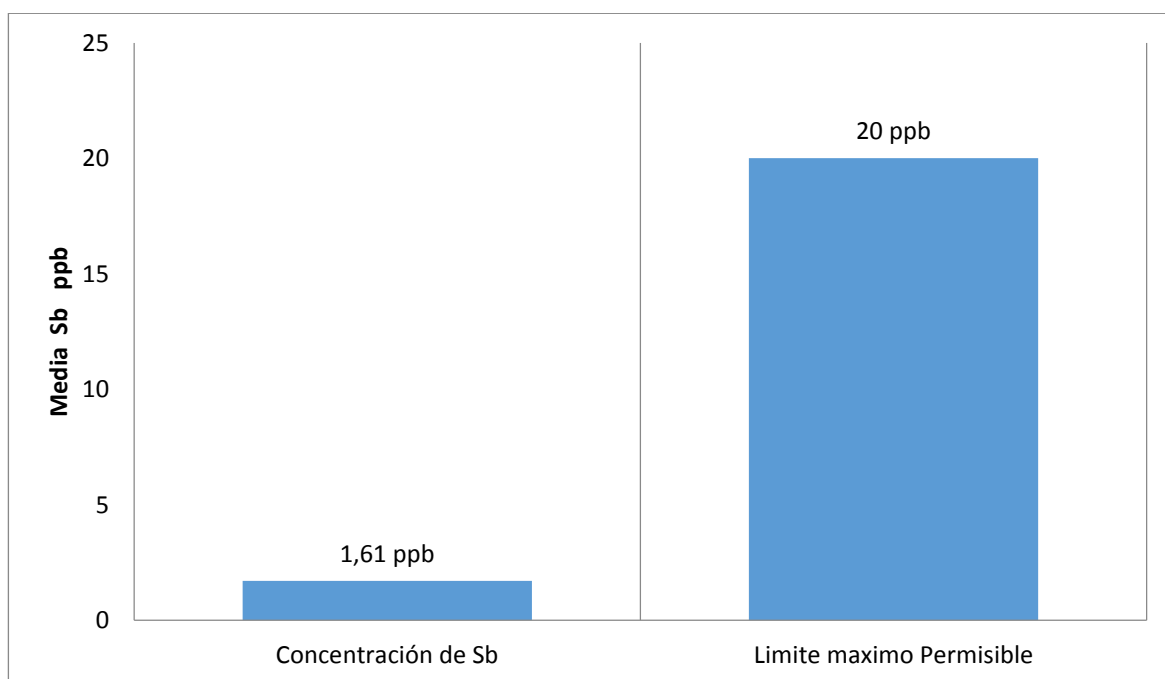


Figura N°5. Concentración de Antimonio en la avenida Alfonso Ugarte en los tres muestreos.

HIPÓTESIS 1B

a. Hipótesis

H_0 : La media de la concentración de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato expendidos en forma ambulatoria en la avenida Nicolás de Piérola en los tres muestreos es igual a 20 ppb.

H1: La media de la concentración de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato expendidos en forma ambulatoria en la avenida en la avenida Nicolás de Piérola en los tres muestreos es menor a 20 ppb.

b. Nivel de significación: 0,05

Tabla N°18. Concentración de antimonio en la avenida Nicolás de Piérola en los tres muestreos.

Media =20 ppb							
Desviación							
	N	Media	Mínimo	Máximo	estándar	T	P
Concentración de Sb	21	1,60ppb	0,04ppb	4,80ppb	1,27ppb	-66	0,0000*

d. Regla de decisión

Si $p < 0,05$

Si $p > 0.05$

e. Conclusión: Dado que $p=0,0000 < 0,05$ entonces rechazar H_0 es decir La concentración de antimonio de la muestra en la avenida Nicolás de Piérola es menor estadísticamente en relación al máximo valor permisible (20 ppb). Asimismo, se aprecia que la media de concentración de antinomia en la avenida Nicolás de Piérola es 1,6ppb y la desviación estándar es 1,27 ppb. Con un mínimo de 0,04ppb y un máximo de 4,8 ppb.

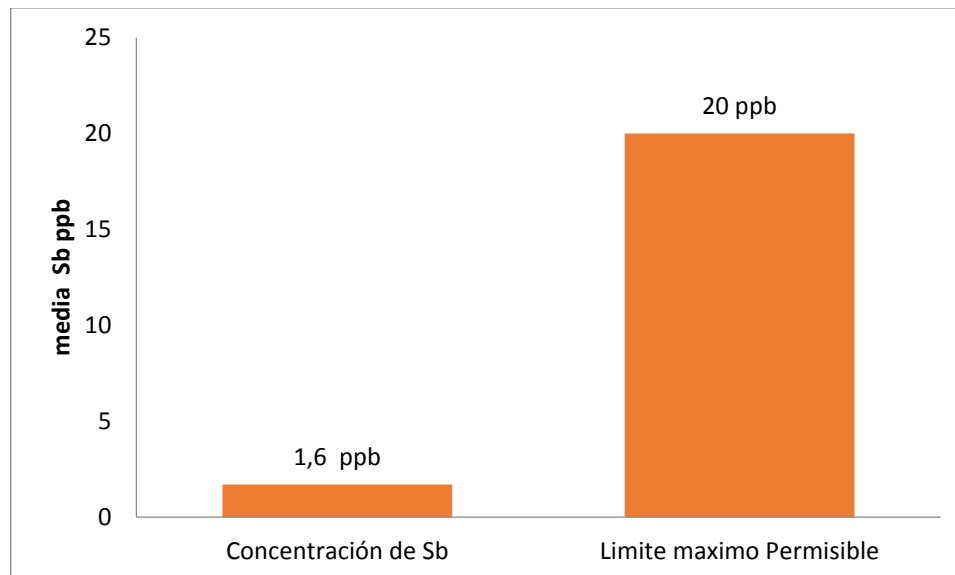


Figura N°6. Concentración de Antimonio en la Avenida Nicolás de Piérola en los tres muestreos.

HIPÓTESIS 2

a. Hipótesis

Ho: La media de la concentración de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato expendidos en forma ambulatoria de la avenida Nicolás de Piérola es igual a la media de la concentración de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato expendidos en forma ambulatoria de la avenida Alfonso Ugarte en los tres muestreos.

H1: La media de la concentración de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato expendidos en forma ambulatoria en la avenida Nicolás de Piérola no es igual a la media de la concentración de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato

expendidos en forma ambulatoria de la avenida Alfonso Ugarte en los tres muestreos.

b. Nivel de significación: 0,05

c. Estadístico de prueba

Tabla N°19. Comparación de la Concentración de Antimonio en la avenida Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola.

	N	Media	Desviación estándar	T	P
Nicolás de Piérola	21	1,60	1,27		
Alfonso Ugarte	18	1,61	1,23	0,03	0,97

d. Regla de decisión

Si $p < 0,05$

Si $p > 0,05$

e. Conclusión: Dado que $p = 0,97 > 0,05$ entonces aceptar H_0 es decir, la media de la concentración de antimonio en los envases de la avenida Nicolás de Piérola es igual a la media de la concentración de antimonio en los envases de la avenida Alfonso Ugarte.

Asimismo se aprecia que la media de concentración de antimonio en la avenida Alfonso Ugarte es 1,60 y la media de concentración de antimonio en la avenida Nicolás de Piérola es 1,61ppb.

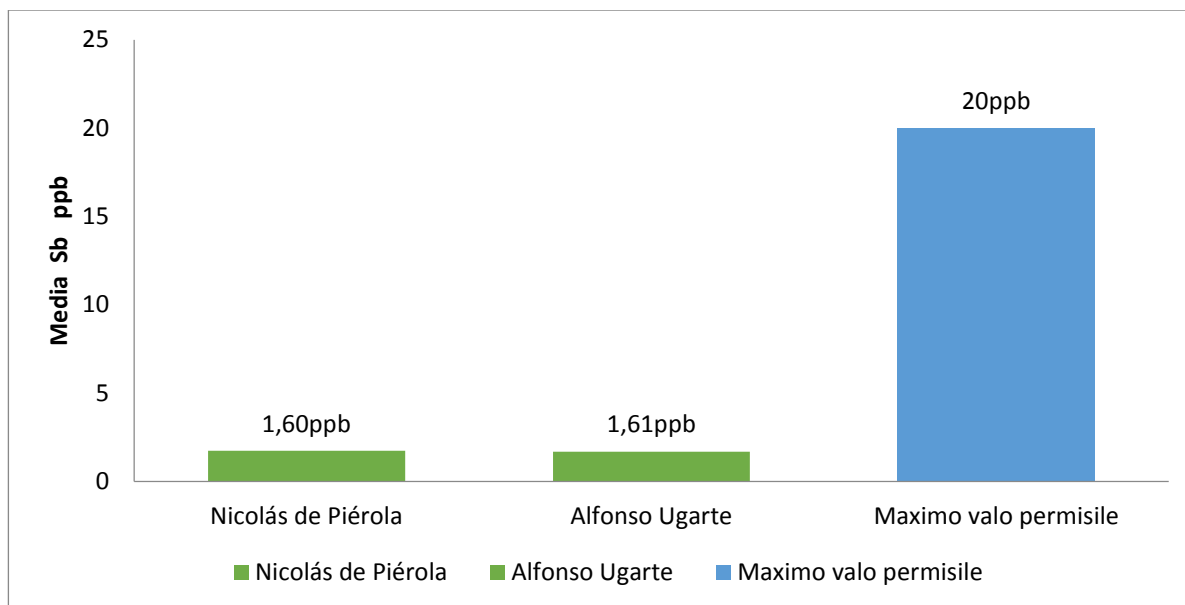


Figura N°7. Comparación de la Concentración de antimonio en la avenida Alfonso Ugarte y Nicolás de Piérola en los tres muestreos.

HIPÓTESIS 3A

a. Hipótesis

Ho: La media de la concentración de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato expendidos en forma ambulatoria del 17 de febrero; 7 de marzo y 25 marzo en la avenida Alfonso Ugarte son iguales.

H1: La media de la concentración de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato expendidos en forma ambulatoria del 17 de febrero; 7 de marzo y 25 marzo en la avenida Alfonso Ugarte no son iguales.

b. Nivel de significación: 0,05

c. Estadístico de prueba

Tabla N°20.Comparacion de la media de concentración de antimonio del 17 de febrero; 7 de marzo y 25 marzo en avenida Alfonso Ugarte.

	N	Media	Desviación estándar	ANOVA
17 de febrero del 2013	6	,332	,404	
07 de marzo del 2013	6	2,077	,379	
25 de marzo del 2013	6	2,442	1,337	P=0,01

d. Regla de decisión

Si $p < 0,05$

Si $p > 0.05$

e. Conclusión: Dado que $p=0,01 < 0,05$ entonces rechazar H_0 , es decir, la media de la concentración de antimonio en las muestras de 17 de febrero, 7 de marzo y 25 marzo en avenida Alfonso Ugarte no son iguales. Asimismo, se aprecia que la mayor media de concentración de antimonio en la avenida Alfonso Ugarte está en el tercer muestreo del 25 de marzo del 2013.

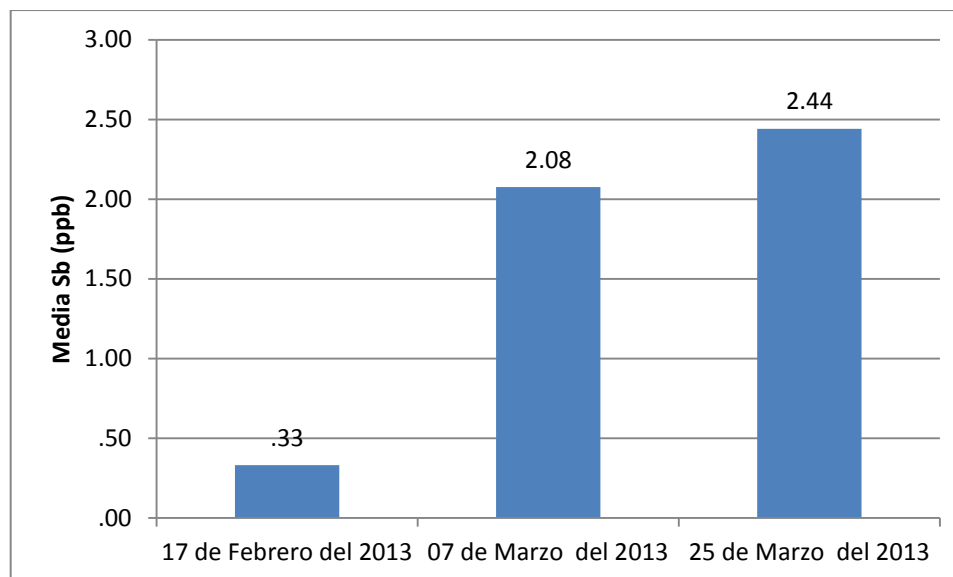


Figura N°8.Comparacion de la media de concentración de antimonio del 17 de febrero; 7 de marzo y 25 marzo en avenida Alfonso Ugarte.

HIPÓTESIS 3B

a. Hipótesis

Ho: La media de la concentración de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato expendidos en forma ambulatoria del 17 de febrero; 7 de marzo y 25 marzo en avenida Nicolás de Piérola son iguales.

H1: La media de la concentración de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato expendidos en forma ambulatoria del 17 de febrero; 7 de marzo y 25 marzo en la avenida Nicolás de Piérola no son iguales.

b. Nivel de significación: 0,05

c. Estadístico de prueba

Tabla N°21.Comparacion de la media de concentración de antimonio del 17 de febrero; 7 de marzo y 25 marzo en Nicolás de Piérola.

	N	Media	Desviación estándar	ANOVA
17 de febrero del 2013	7	,55	,92	
07 de marzo del 2013	7	1,99	,36	
25 de marzo del 2013	7	2,26	1,55	P= 0,02

d. Regla de decisión

Si $p < 0,05$

Si $p > 0.05$

e. Conclusión: Dado que $p = 0,02 < 0.05$ entonces rechazar H_0 es decir la media de la concentración de antimonio en las muestras de 17 de febrero, 7 de marzo y 25 marzo en la avenida Nicolás de Piérola no son iguales. Asimismo se aprecia que la mayor media de concentración de antimonio en la Avenida Nicolás de Piérola es el tercer muestreo del 25 de marzo del 2013.

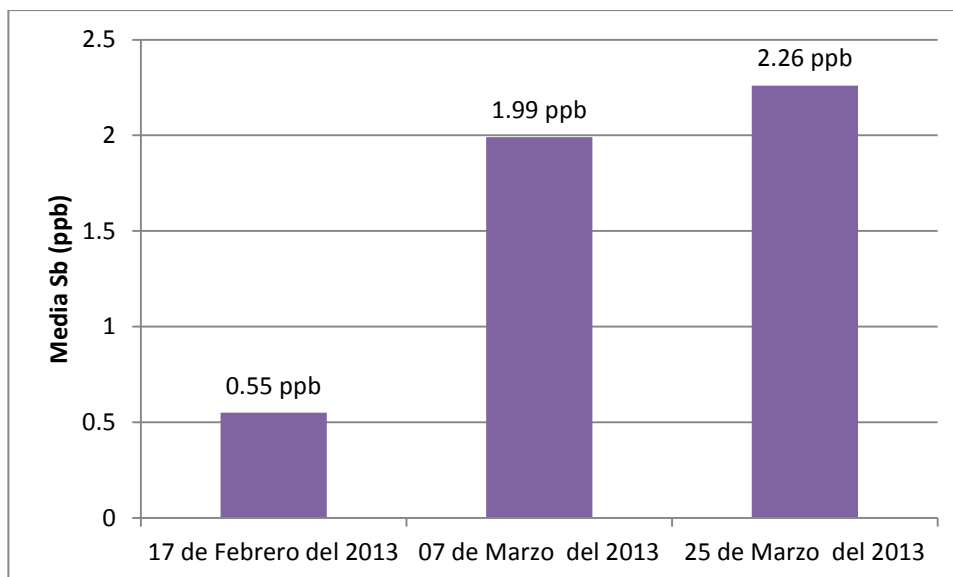


Figura N°9.Comparacion de la media de concentración de antimonio en las tomas 17 de febrero; 7 de marzo y 25 marzo en avenida Nicolás de Piérola.

HIPÓTESIS 4 A

a. Hipótesis

Ho: La Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 17 de febrero en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental es igual a cero

H1: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 17 de febrero en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental es diferente a cero

b. Nivel de significación : 0,05

c. Estadístico de prueba

Tabla N°22. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental en el 17 de febrero.

		Concentra- ción de Sb	Temperatura ambiental
Concentración de Sb	Correlación de Pearson	1	-,344
	Sig. (bilateral)		,450
	N	7	7

d. Regla de decisión

Si $p < 0,05$

Si $p > 0.05$

e. Conclusión: Dado que $p = 0,45 > 0,05$ entonces aceptar H_0 es decir , correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 17 de febrero en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental es igual a cero. Se observa que existe correlación negativa baja (-0.34) de las concentraciones de antimonio y Temperatura ambiental

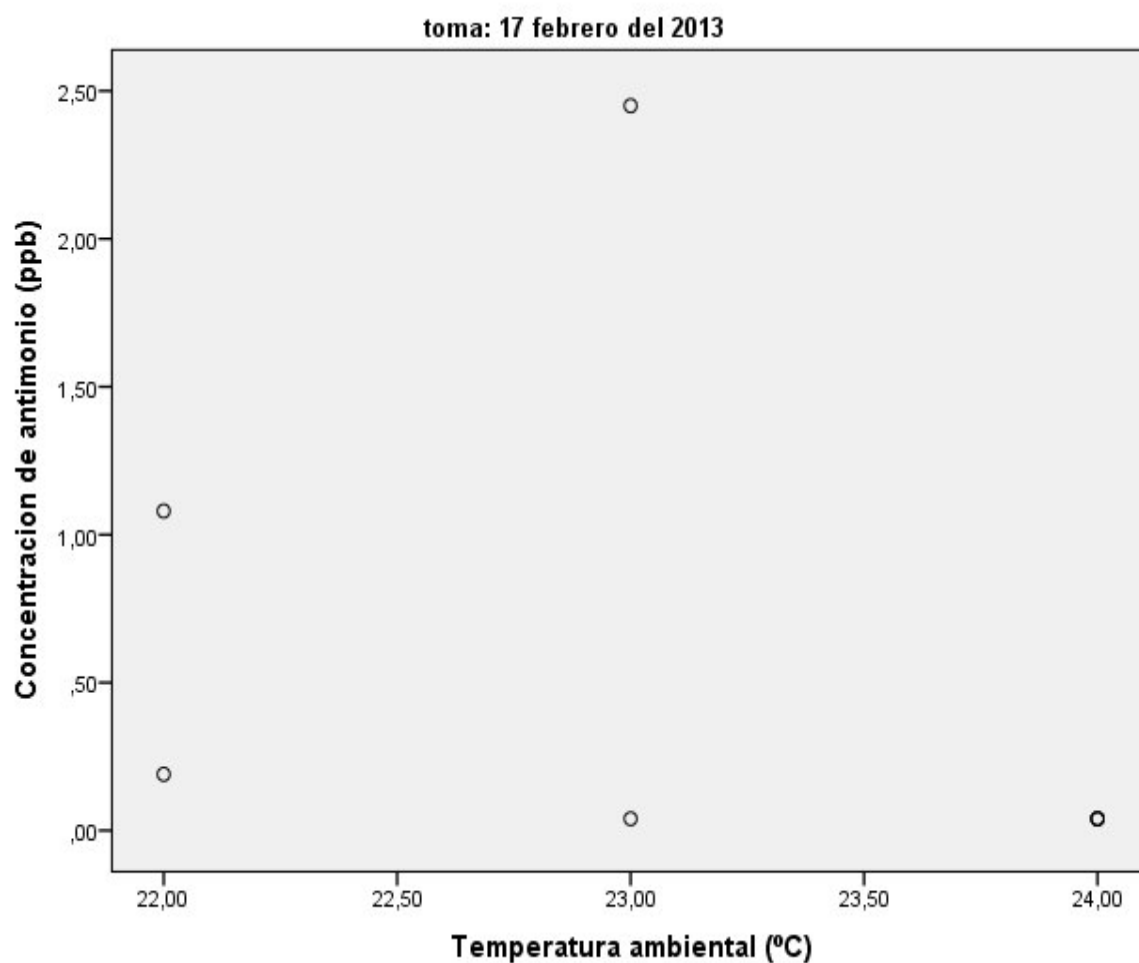


Figura N°10. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental en el 17 de febrero

HIPÓTESIS 4B

a. Hipótesis

Ho: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 17 de febrero en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental es igual a cero.

H1: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 17 de febrero en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental es diferente a cero.

b. Nivel de significación : 0,05

c. Estadístico de prueba

Tabla N°23. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental en el 17 de febrero.

		Concentraciones de antimonio (ppb)	Temperatura ambiental
Concentraciones de antimonio (ppb)	Correlación de Pearson	1	,321
	Sig. (bilateral)		,535
	N	6	6

d. Regla de decisión

Si $p < 0,05$

Si $p > 0.05$

e. Conclusión: Dado que $p=0,53>0,05$ entonces aceptar H_0 es decir correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 17 de febrero en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental es igual a cero. Se observa que existe correlación baja (0.32) de las concentraciones de antimonio y temperatura ambiental.

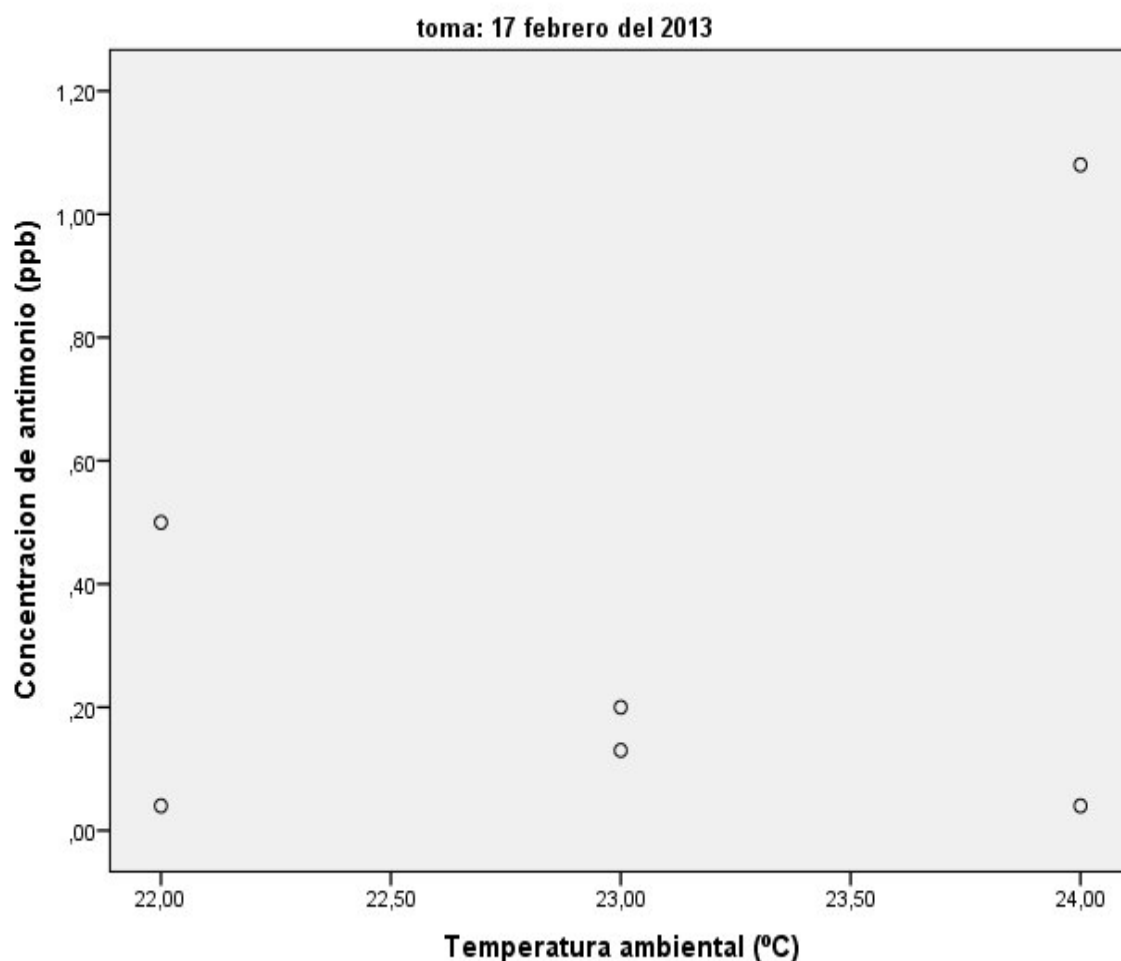


Figura N°11. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental en el 17 de febrero.

HIPÓTESIS 5A

a. Hipótesis

Ho: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 7 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental es igual a cero.

H1: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 7 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental es diferente a cero

b. Nivel de significación : 0,05

c. Estadístico de prueba

Tabla N°24. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental en el 7 de marzo

		Concentraciones de antimonio (ppb)	Temperatura ambiental
Concentraciones de antimonio (ppb)	Correlación de Pearson	1	,426
	Sig. (bilateral)		,340
	N	7	7

d. Regla de decisión

Si $p < 0,05$

Si $p > 0.05$

e. Conclusión: Dado que $p=0,34 > 0,05$ entonces aceptar H_0 es decir correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 7 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental es igual a cero. Se observa que existe correlación moderada (0.426) de las concentraciones de antimonio y Temperatura ambiental.

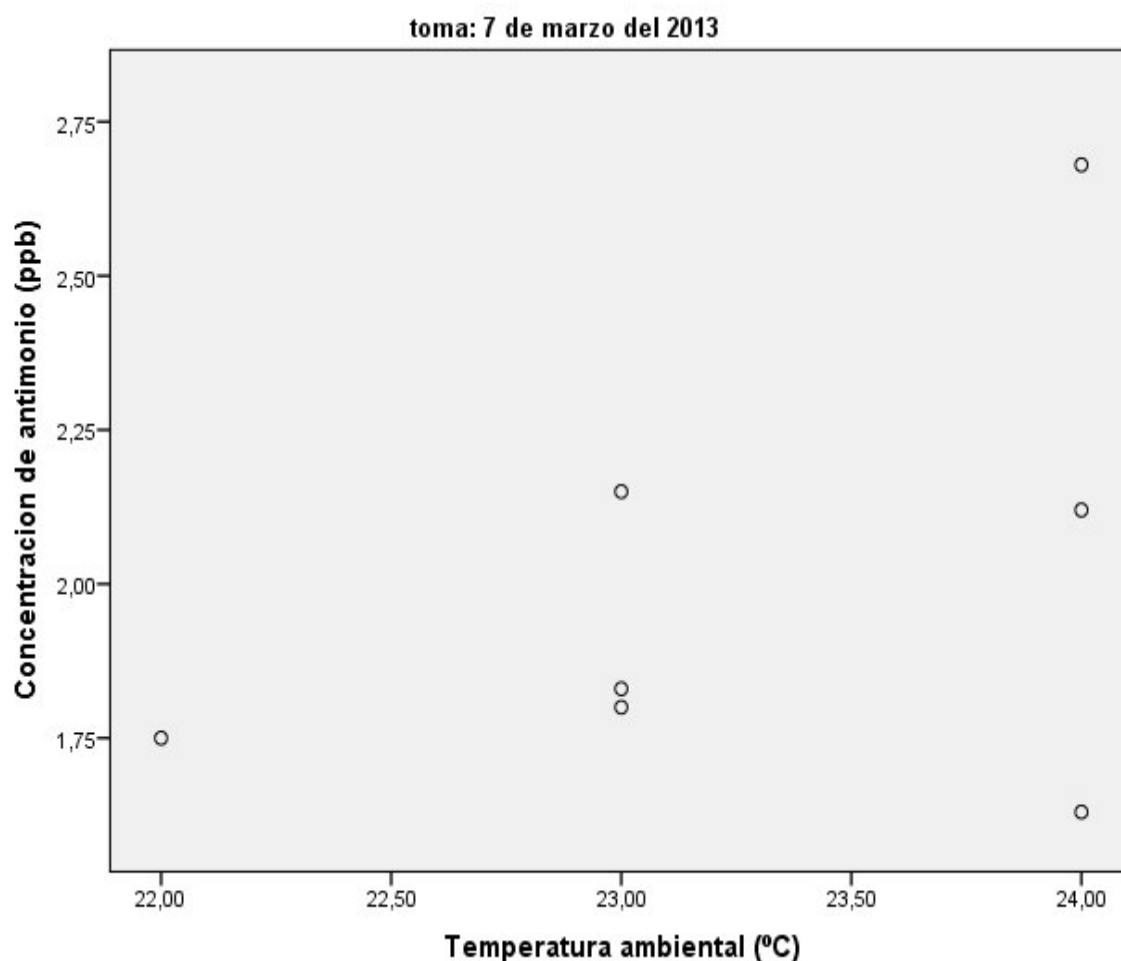


Figura N°12. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental en el 7 de marzo

HIPÓTESIS 5B

a. Hipótesis

Ho: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 7 de marzo en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental es igual a cero.

H1: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 7 de marzo en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental es diferente a cero.

b. Nivel de significación : 0,05

c. Estadístico de prueba

Tabla N°25. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental en el 7 de marzo.

		Concentraciones de antimonio (ppb)	Temperatura ambiental
Concentraciones de antimonio (ppb)	Correlación de Pearson	1	,037
	Sig. (bilateral)		,944
	N	6	6

d. Regla de decisión

Si $p < 0,05$

Si $p > 0.05$

e. Conclusión: Dado que $p=0,94>0.05$ entonces aceptar H_0 es decir, correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 7 de marzo en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental es igual a cero. Se observa que existe correlación nula (0.037) de las concentraciones de antimonio y temperatura ambiental.

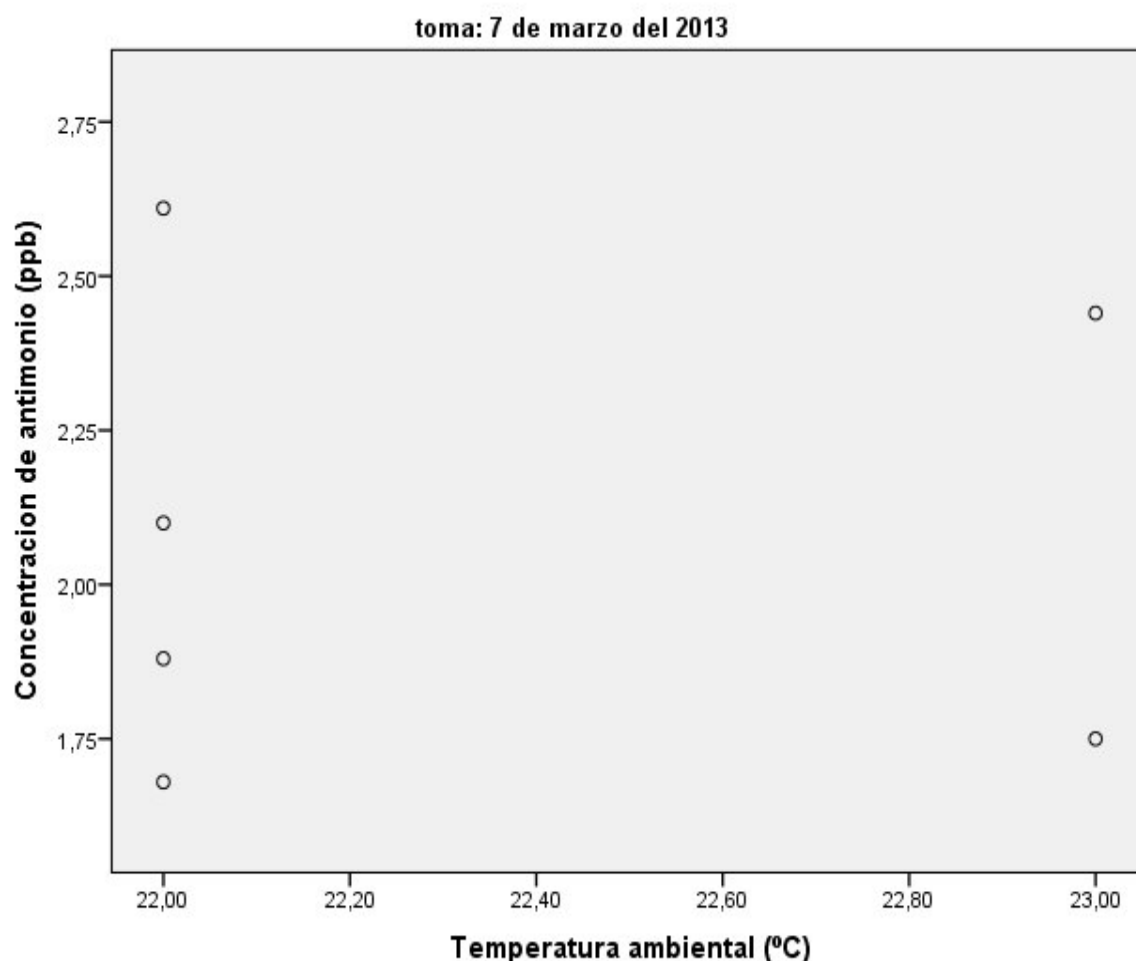


Figura N°13. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental en el 7 de marzo .

HIPÓTESIS 6A

a. Hipótesis

Ho: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 25 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental es igual a cero.

H1: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 25 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental es diferente a cero.

b. Nivel de significación : 0,05

c. Estadístico de prueba

Tabla N°26. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental en el 25 de marzo.

		Concentraciones de antimonio (ppb)	Temperatura ambiental
Concentraciones de antimonio (ppb)	Correlación de Pearson	1	-,092
	Sig. (bilateral)		,845
	N	7	7

d. Regla de decisión

Si $p < 0,05$

Si $p > 0.05$

e. Conclusión: Dado que $p=0,84>0,05$ entonces aceptar H_0 es decir correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 25 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental es igual a cero. Se observa que existe correlación negativa nula (-0.09) de las concentraciones de antimonio y Temperatura ambiental.

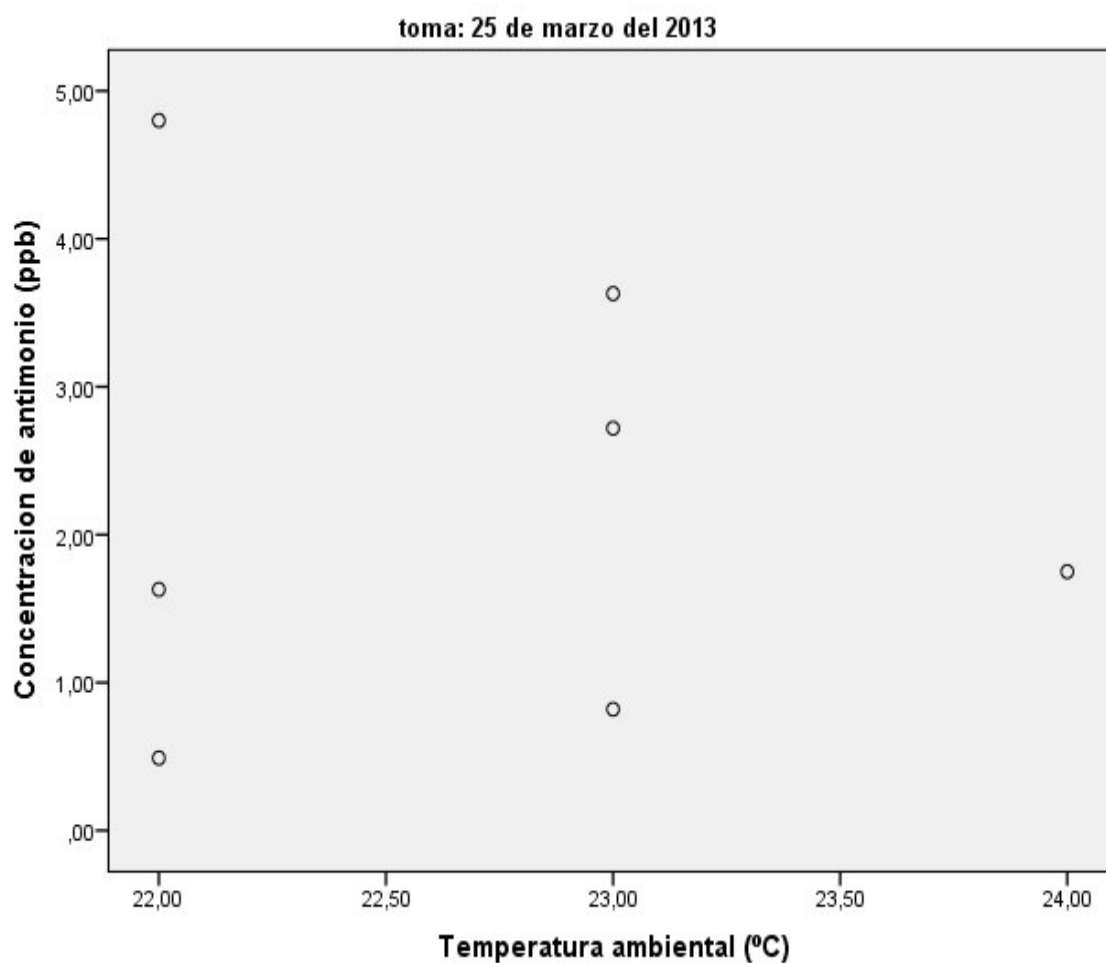


Figura N°14. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental en el 25 de marzo .

HIPÓTESIS 6B

a. Hipótesis

H₀: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 25 de marzo en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental es igual a cero.

H₁: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 25 de marzo en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental es diferente a cero.

b. Nivel de significación : 0,05

c. Estadístico de prueba

Tabla N°27. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental en el 25 de marzo

		Concentraciones de antimonio (ppb)	Temperatura ambiental
Concentraciones de antimonio (ppb)	Correlación de Pearson	1	-,487
	Sig. (bilateral)		,327
	N	6	6

d. Regla de decisión

Si $p < 0,05$

Si $p > 0.05$

e. Conclusión: Dado que $p=0,32>0,05$ entonces aceptar H_0 es decir correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 25 de marzo en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental es igual a cero. Se observa que existe correlación negativa moderada (-0,487) de las concentraciones de antimonio y temperatura ambiental

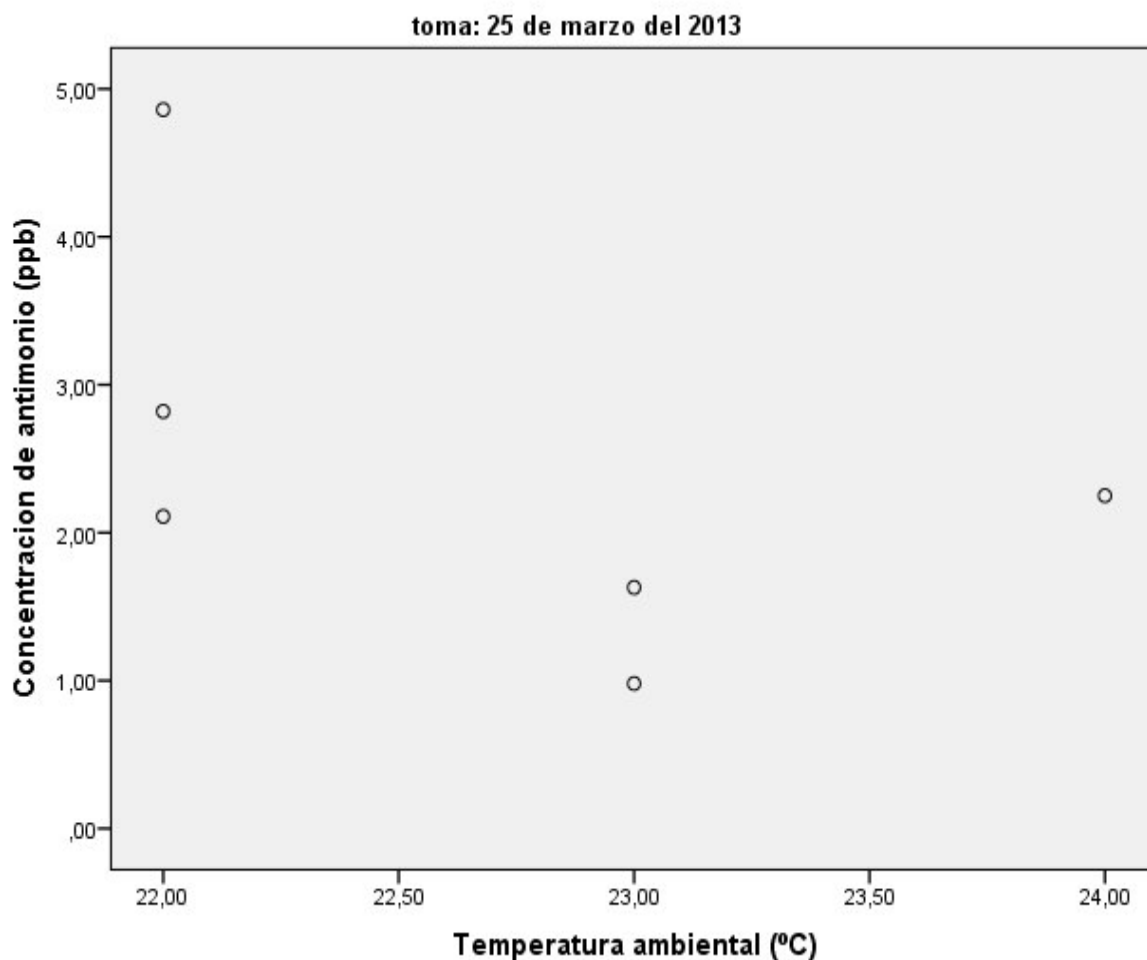


Figura N°15. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental en el 25 de marzo,

HIPÓTESIS 7A

a. Hipótesis

Ho: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 17 de febrero en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado es igual a cero.

H1: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 17 de febrero en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado es diferente a cero.

b. Nivel de significación : 0,05

c. Estadístico de prueba

Tabla N°28. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado en el 17 de febrero.

		Concentración de antimonio (ppb)	Tiempo de envasado (Días)
Concentración de antimonio (ppb)	Correlación de Pearson	1	-,794*
	Sig. (bilateral)		,033
	N	7	7

d. Regla de decisión

Si $p < 0,05$

Si $p > 0.05$

e. Conclusión: Dado que $p=0,03 < 0,05$ entonces rechazar H_0 es decir correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 17 de febrero en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado es diferente a cero. Se observa que existe correlación negativa alta (-0,794) de las concentraciones de antimonio y el tiempo de envasado .

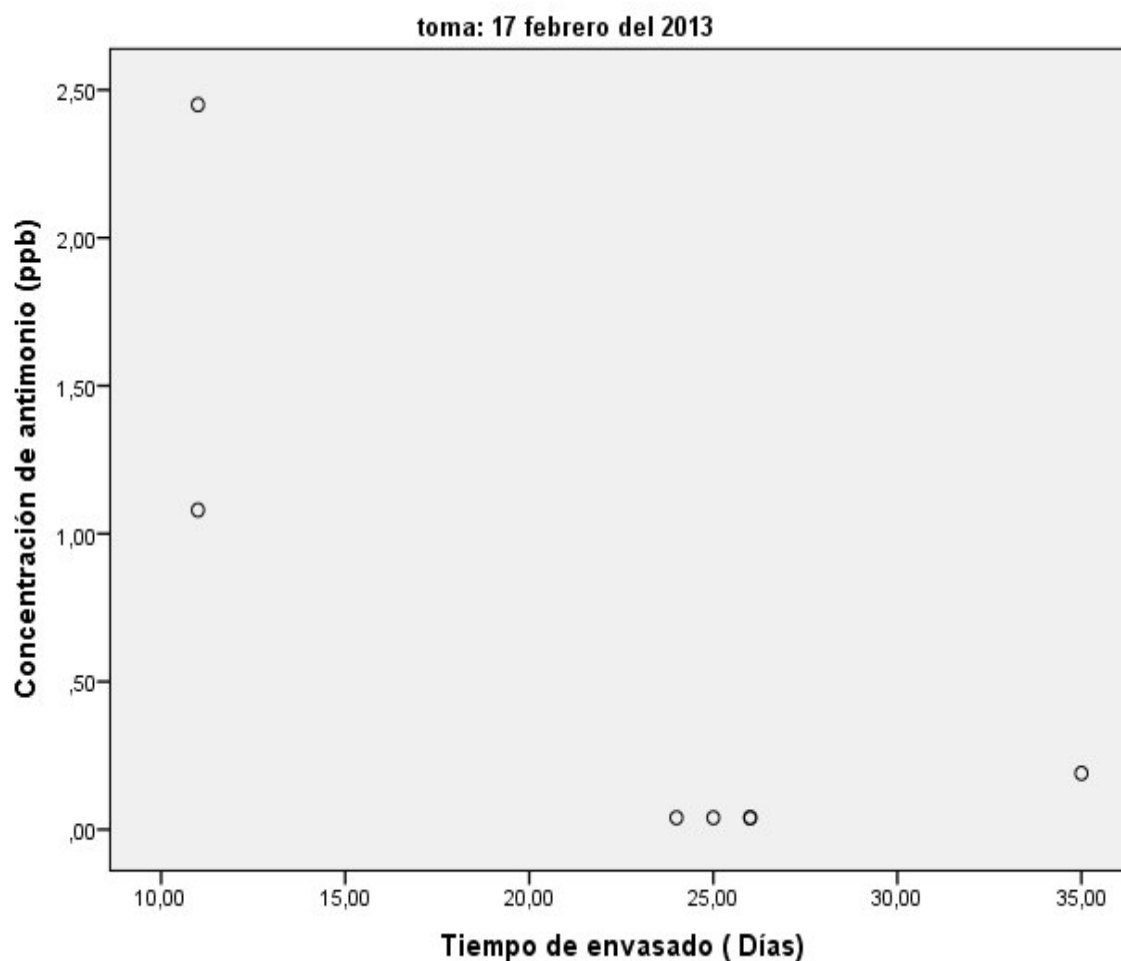


Figura N°16. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado en el 17 de febrero.

HIPÓTESIS 7B

a. Hipótesis

Ho: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 17 de febrero en la avenida Alfonso Ugarte el tiempo de envasado ambiental es igual a cero.

H1: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 17 de febrero en la avenida Alfonso Ugarte con el tiempo de envasado es diferente a cero.

b. Nivel de significación : 0,05

c. Estadístico de prueba

Tabla N°29. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con el tiempo de envasado en el 17 de febrero.

		Concentración de antimonio (ppb)	Tiempo de envasado (Días)
Concentración de antimonio (ppb)	Correlación de Pearson	1	,408
	Sig. (bilateral)		,363
	N	7	7
a. toma = 25 de marzo del 2013			

d. Regla de decisión

Si $p < 0,05$

Si $p > 0.05$

e. Conclusión: Dado que $p=0,363>0.05$ entonces aceptar H_0 es decir correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 17 de febrero en la avenida Alfonso Ugarte con el tiempo de envasado es igual a cero. Se observa que existe correlación moderada (0,48) de las concentraciones de antimonio y el tiempo de envasado .

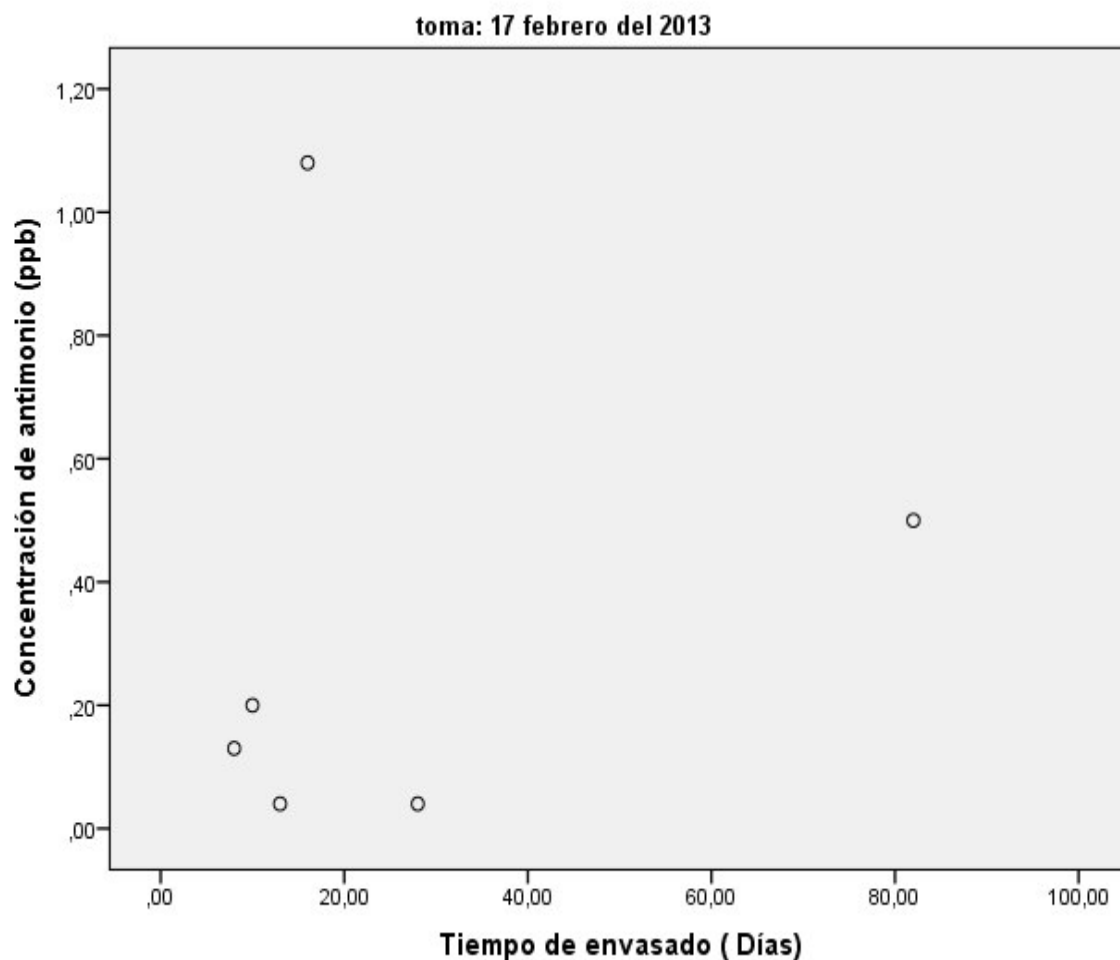


Figura N°17. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con el tiempo de envasado en el 17 de febrero.

HIPÓTESIS 8A

a. Hipótesis

Ho: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 7 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado es igual a cero.

H1: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 7 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola el tiempo de envasado es diferente a cero.

b. Nivel de significación : 0,05

c. Estadístico de prueba

Tabla N°30. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado en el 7 de marzo.

		Concentración de antimonio (ppb)	Tiempo de envasado (Días)
Concentración de antimonio (ppb)	Correlación de Pearson	1	-,339
	Sig. (bilateral)		,457
	N	7	7

d. Regla de decisión

Si $p < 0,05$

Si $p > 0.05$

e. Conclusión: Dado que $p=0,457>0,05$ entonces aceptar H_0 es decir, correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 7 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado es igual a cero. Se observa que existe correlación baja y negativa (-0,337) de las concentraciones de antimonio y el tiempo de envasado .

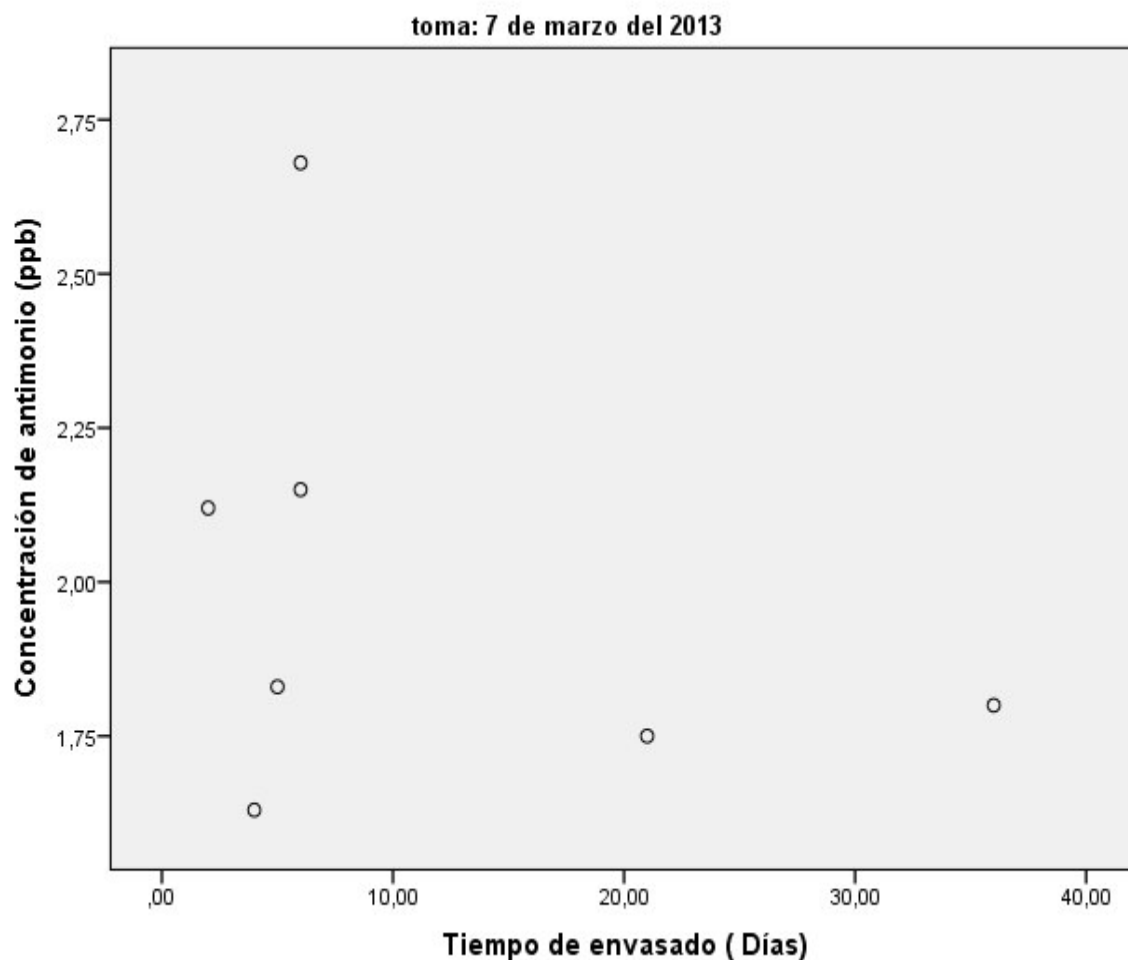


Figura N°18. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado en el 7 de marzo .

HIPÓTESIS 8B

a. Hipótesis

Ho: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 7 de marzo en la avenida Alfonso Ugarte el tiempo de envasado es igual a cero.

H1: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 7 de marzo en la avenida Alfonso Ugarte el tiempo de envasado es diferente a cero.

b. Nivel de significación : 0,05

c. Estadístico de prueba

Tabla N°31. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con el tiempo de envasado en el 7 de marzo.

		Concentración de antimonio (ppb)	Tiempo de envasado (Días)
Concentración de antimonio (ppb)	Correlación de Pearson	1	,034
	Sig. (bilateral)		,948
	N	6	6

d. Regla de decisión

Si $p < 0,05$

Si $p > 0.05$

e. Conclusión: Dado que $p=0,94>0,05$ entonces aceptar H_0 es decir, correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 7 de marzo en la avenida Alfonso Ugarte con la temperatura ambiental es igual a cero. Se observa que existe correlación nula (0,034) de las concentraciones de antimonio y temperatura ambiental.

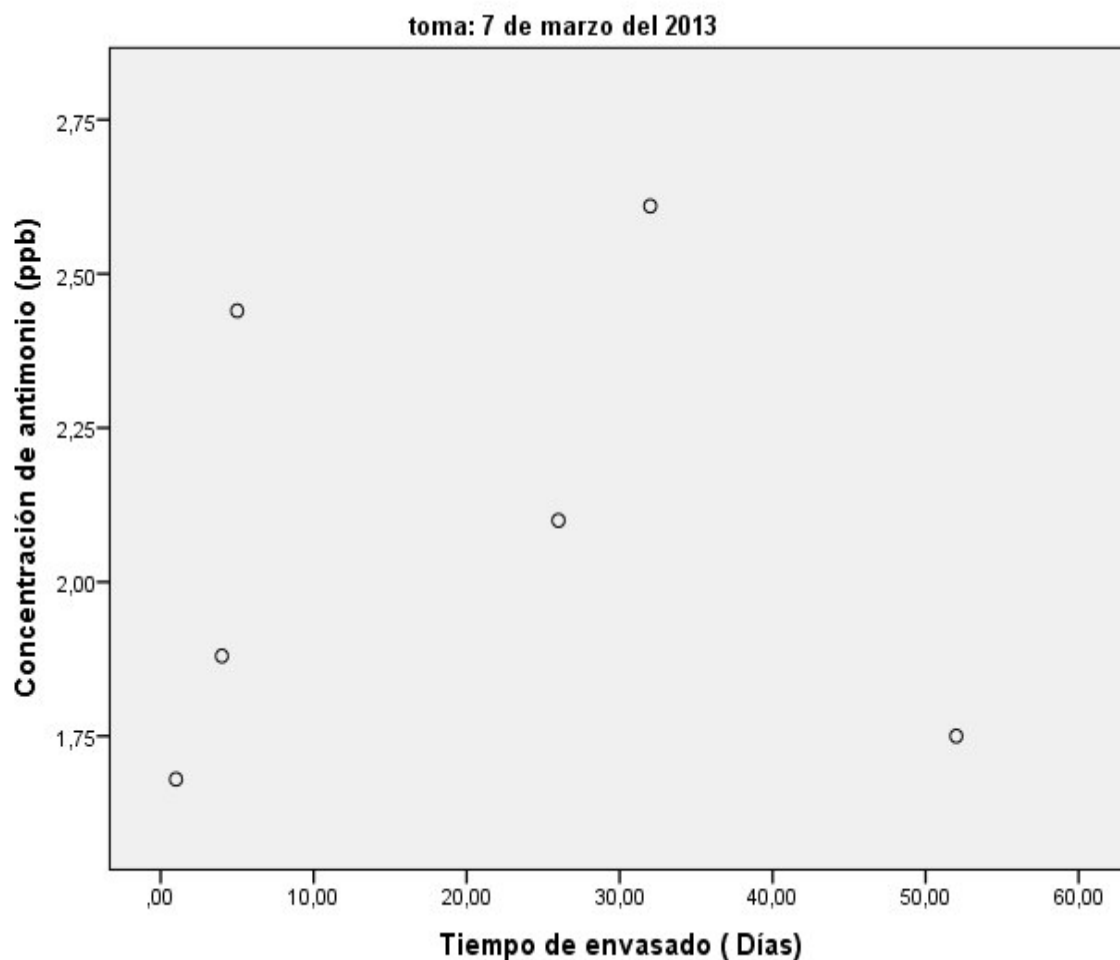


Figura N°19. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con el tiempo de envasado en el 7 de marzo .

HIPÓTESIS 9A

a. Hipótesis

Ho: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 25 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado es igual a cero.

H1: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 25 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado es diferente a cero.

b. Nivel de significación : 0,05

c. Estadístico de prueba

Tabla N°32. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado en el 25 de marzo.

		Concentración de antimonio (ppb)	Tiempo de envasado (Días)
Concentración de antimonio (ppb)	Correlación de Pearson	1	,408
	Sig. (bilateral)		,363
	N	7	7

d. Regla de decisión

Si $p < 0,05$

Si $p > 0.05$

e. Conclusión: Dado que $p=0,363>0,05$ entonces aceptar H_0 es decir , correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 25 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado es igual a cero. Se observa que existe correlación nula (0,408) de las concentraciones de antimonio y el tiempo de envasado .

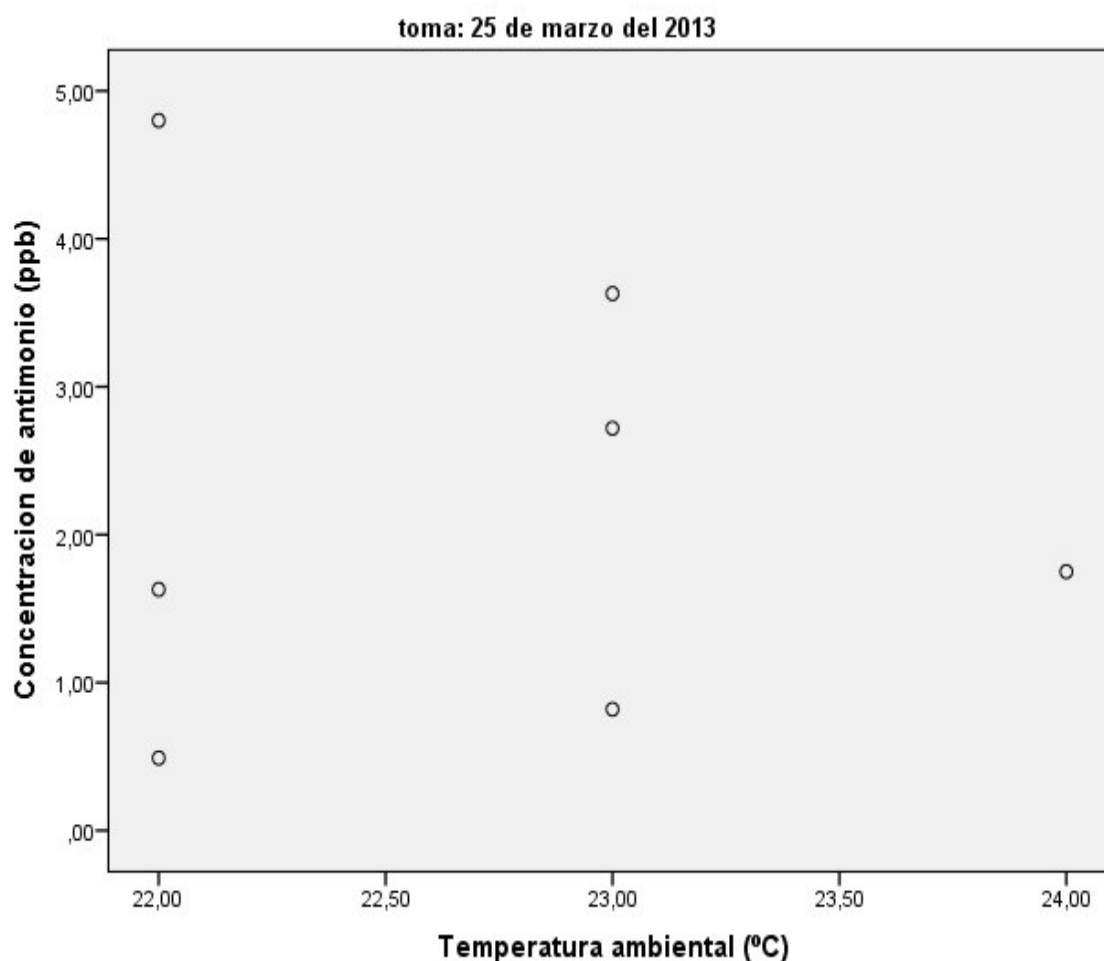


Figura N°20. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con el tiempo de envasado en el 25 de marzo.

HIPÓTESIS 9B

a. Hipótesis

Ho: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 25 de marzo en la avenida Alfonso Ugarte con el tiempo de envasado es igual a cero.

H1: Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados el 25 de marzo en la avenida Alfonso Ugarte con el tiempo de envasado es diferente a cero.

b. Nivel de significación : 0,05

c. Estadístico de prueba

Tabla N°33. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con el tiempo de envasado en el 25 de marzo.

		Concentraci- ón de antimonio (ppb)	Tiempo de envasado (Días)
Concentración de antimonio (ppb)	Correlación de Pearson	1	-,052
	Sig. (bilateral)		,922
	N	6	6

d. Regla de decisión

Si $p < 0,05$

Si $p > 0.05$

e. Conclusión: Dado que $p = 0,92 > 0,05$ entonces aceptar Ho es decir , correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano

de envases de polietileno tereftalato muestreados el 25 de marzo en la avenida Alfonso Ugarte con el tiempo de envasado es igual a cero. Se observa que existe correlación negativa baja (-0.05) de las concentraciones de antimonio y el tiempo de envasado.

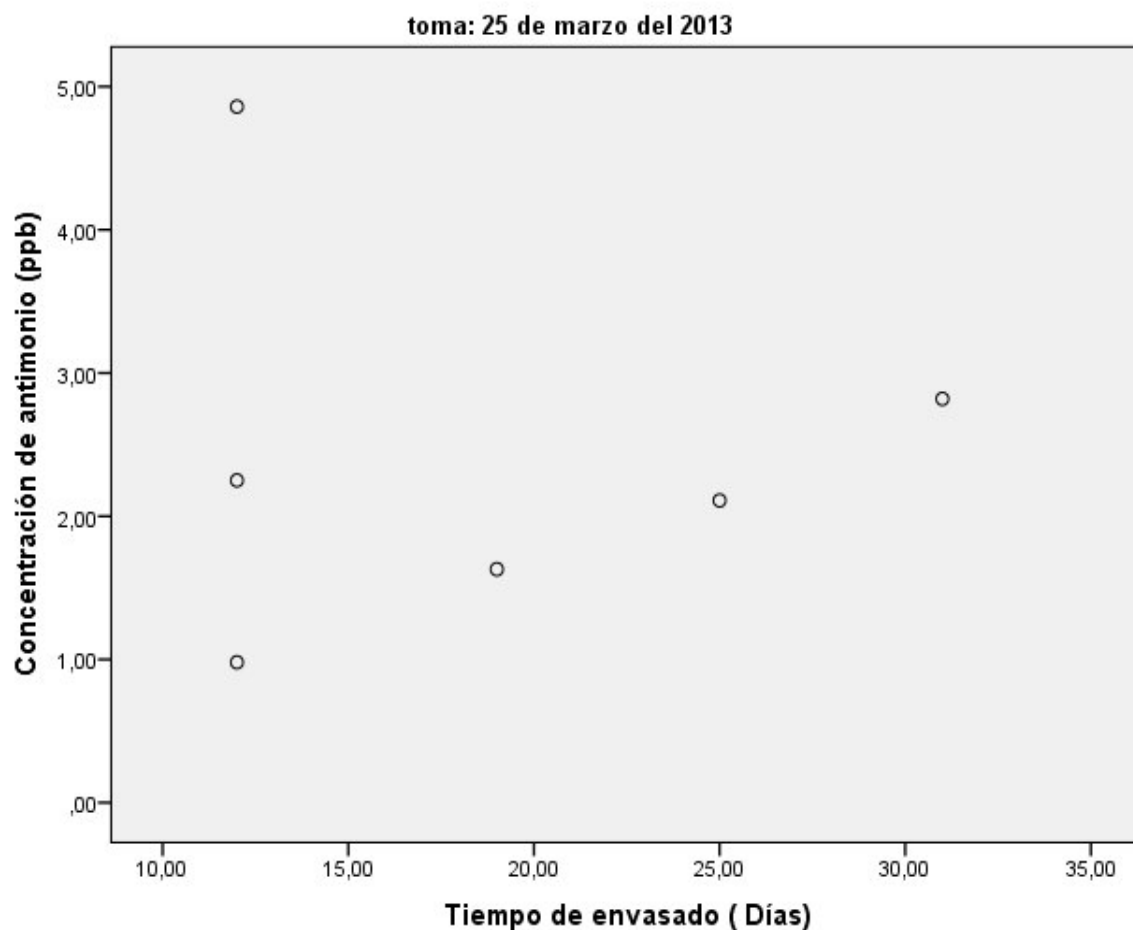


Figura N°21. Correlación de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Alfonso Ugarte con el tiempo de envasado en el 25 de marzo.

4.3. ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La contaminación del agua, aire, suelo y alimentos es la consecuencia de las actividades que el hombre ha desarrollado para vivir y mejorar su calidad de vida. Sin embargo, el hombre se ha olvidado de vivir en armonía con la naturaleza y de cuidarla. Hoy tenemos un sinnúmero de sustancias químicas y biológicas en el ambiente que significan un riesgo para la salud porque se encuentran en altas concentraciones o debido a su naturaleza tóxica. Para tener referencia y conocimiento del nivel de contaminación que existe en cada lugar, es necesario que existan metodologías y técnicas analíticas, así como normas técnicas referidas al control de contaminantes en el ambiente, es decir en el agua, aire, suelo y alimentos. Actualmente en el país, tenemos reglamentación referidas al agua y aire; las normas para agua incluyen parámetros físicos, químicos, elementos y sustancias orgánicas e inorgánicas, las normas para aire están referidas a los contaminantes primarios, mientras que para suelos se consultan las normas internacionales y para alimentos las normas de la FDA (Food and Drug Administration). En el contexto nacional actual, con 9,7% de crecimiento en la productividad y desarrollo de actividades económicas diversas, es necesario la complementación del marco normativo medioambiental y el desarrollo de la capacidad analítica nacional para la evaluación de sustancias químicas y el control de la contaminación del ambiente, la preservación de los recursos naturales del país y la certificación de productos de exportación y consumo.

La salud pública tiene como propósito prevenir enfermedades, prolongar la vida y fomentar la salud. Así surge una pregunta: ¿es la exposición al antimonio un problema de salud pública?. Si se considera un problema de salud pública como un evento de alta frecuencia y peligrosidad, la exposición al antimonio efectivamente es un problema de salud pública. Son numerosas las poblaciones afectadas en todo el mundo por el antimonio y es considerado por varios organismos científicos, entre ellos la International Agency for Research on Cancer (IARC), que lo ha incluido en su listado, en el Grupo 2B, como

posible carcinógeno para el hombre. El Trióxido de antimonio, se sabe que produce cáncer de pulmón. Shotyk y Colaboradores (Shotyk et al.,2008) reportan la abundancia del Sb en 15 marcas de agua embotellada del Canadá y 48 de Europa. En comparación a la abundancia natural de Sb en aguas subterráneas no contaminadas, el agua embotellada comercializada en polipropileno, y el análisis de la fuente previo al embotellamiento, y la adición de agua subterránea no contaminada a botellas PET, proporciona evidencia indudable de la migración al Sb de los frascos. Se ha reportado en este trabajo la media de concentración de antimonio en la avenida Alfonso Ugarte es 1,61 ppb y la desviación estándar de 1,23 ppb, con un mínimo de 0.04 ppb y un máximo de 4.86 ppb. La concentración de antimonio de la muestra en la avenida Alfonso Ugarte es menor estadísticamente significativo ($P=0,0000<0.05$) en relación al máximo valor permisible por la OMS (20 ppb), la media de concentración de antimonio en la avenida Nicolás de Piérola es 1,6ppb y la desviación estándar de 1,27ppb, con un mínimo de 0.04ppb y un máximo de 4.8ppb. Se evidencia de esta manera la presencia de este contaminante en el agua embotellada probablemente debido a la migración del antimonio del PET.

La concentración de antimonio de la muestra en la avenida Nicolás de Piérola es menor estadísticamente significativo ($P=0,0000<0.05$) en relación al máximo valor permisible según la OMS(20ppb), y que la media de concentración de antimonio en la avenida Alfonso Ugarte es de 1,60 ppb y la media de concentración de antimonio en la avenida Nicolás de Piérola es 1,61 ppb. La concentración de antimonio de la muestra en la avenida Alfonso Ugarte es igual estadísticamente significativa a la media de la concentración de antimonio de la avenida Alfonso Ugarte $P=0,97>0,05$. Asimismo nuestros resultados reportan que la media de concentración de antimonio en la avenida Nicolás de Piérola en el mes de febrero es de 0,33ppb y en el mes de marzo de 2,26 ppb . Existe un aumento significativo de la concentración de antimonio ($P=0,000<0,05$) de febrero a Marzo en la avenida Alfonso Ugarte, la media de concentración de antimonio en la avenida Nicolás de Piérola en el mes de

febrero es de 0,55ppb y en el mes de marzo de 2,13 ppb . Estos resultados se apoyan en el estudio de Keresztes et al (2009) que encontró el incremento de la concentración de Sb como una función del tiempo de almacenamiento y que podía ser descrito como una curva de saturación que alcanza 0.7–0.8 ng/mL en un espacio de tiempo de un año, pero no excede 1 ng/mL aun después de un tiempo de almacenamiento de tres años de duración.

Existe un aumento significativo de la concentración de antimonio ($P=0,004<0,05$) de febrero a marzo, en la avenida Nicolás de Piérola. Estos resultados coinciden con la investigación de Dabeka y colaboradores, en un estudio de aguas embotelladas del Canadá encontraron que 42 aguas minerales promediaron 320 ng L^{-1} de Sb y 102 aguas de manantial promediaron 300 ng L^{-1} ; estos valores promedio son más de 100 veces mayores que la abundancia promedio de Sb , en aguas subterráneas cristalinas en el sur de Ontario , Canadá ($2.2 \pm 1.2 \text{ ng L}^{-1}$) (Shotyk, 2006) . Esto es comparable a lo obtenido en este trabajo , ya que ha habido valores bajos de Sb y algunos cercanos al límite máximo permisibles.

Asimismo nuestros resultado se aproximan a la investigación de Misund y Colaboradores en un estudio de 56 aguas embotelladas de Europa, la concentración promedio de Sb fue 165 ng L^{-1} que es alta en comparación a su abundancia en las aguas subterráneas de Noruega donde los valores son típicos en el orden de 30 ng L^{-1} pero menos frecuente de 2 ng L^{-1} . En la investigación de Naohara y colaboradores reportaron un estudio de Sb en agua embotellada del Japón encontrando Sb sobre el límite de detección (500 ng L^{-1}) en 16 de 55 marcas .

En el país no se conoce con precisión el nivel de contaminación por tóxicos metálicos y metaloides que puedan estar presentes en el ambiente a causa de la contaminación industrial, agrícola y doméstica, dado que son muy variadas y provienen de distintas fuentes, tanto puntuales como difusas.

Sin descuidar el control de metales y sustancias inorgánicas tóxicas, es necesario promover tanto una mayor demanda de este tipo de análisis, y a la vez un mayor desarrollo de la capacidad de análisis de los compuestos en mención. El conocimiento preciso de ellos ayudará a determinar las causas precisas de la contaminación, qué problemas se están presentando y qué compuestos habrá que vigilar para el control de la contaminación y la aplicación de medidas correctivas necesarias, para la preservación de los recursos naturales del país y de nuestro ambiente.

Es necesario exigir también que los laboratorios nacionales, tanto en Lima como en provincias, tengan implementados sistemas de aseguramiento de la calidad de sus resultados y, en el mediano plazo, se acrediten ante el organismo competente, para que se genere la confianza en los resultados por parte de la sociedad civil y los grupos de interés que participan en el cuidado del ambiente. Asimismo, la calidad y competitividad de los laboratorios nacionales será un factor económico importante en la certificación de productos de exportación, importación y consumo.

El agua de las botellas canadienses incrementa su nivel de antimonio en un 19% mientras que las europeas lo hacen un 90%. El antimonio también se usa como retardante de llama en productos plásticos. En la naturaleza, la cantidad de antimonio presente en rocas y suelos suele ser bastante menor, de 1 a 2 miligramos por kilogramo. Si el antimonio está en el material de la botella, puede migrar al agua. Hasta ahí nada nuevo. Pero, ¿en qué cantidad y cómo? Los investigadores han mantenido las mismas botellas de aquel experimento a temperatura ambiente durante seis meses, con resultados chocantes. Uno de ellos es que el agua de las botellas canadienses incrementa su nivel de antimonio en un 19% mientras que el incremento en las europeas es de un 90%. Por otro lado, hay homogeneidad en los niveles de antimonio de diferentes botellas de las mismas marcas (es decir, botellas de la misma marca tienen niveles similares de antimonio lo que indica niveles similares de migración del plástico al agua).

Sin embargo, en un caso una botella envasada en Francia, pero comprada en Hong Kong tenía concentraciones de antimonio mucho más elevadas que las botellas de la misma marca comprada en Alemania. «No sabemos por qué estas botellas tienen diferente reactividad», comentan en la misma revista, *Environmental Science and Technology*, el autor principal del estudio en la misma revista, Bill Shotyk. La hipótesis más plausible, y que defiende Shotyk, es que esas variaciones dependan de varios factores, entre ellos las temperaturas elevadas, el pH del agua y la exposición a la luz solar, que pueden aumentar la cantidad de compuestos que migran del plástico al agua.

El antimonio que hay en el agua es el que ha ido migrando del plástico, los propios investigadores explican que en uno de sus experimentos analizaron muestras de agua de una empresa embotelladora alemana en la fuente de origen y midieron 4 partes por trillón de antimonio. La misma marca comercial de agua, una vez embotellada y comprada en un supermercado, tenía niveles de 360 partes por trillón. «Y la misma marca de agua, comprada y dejada 3 meses en una oficina, contiene 630 partes por trillón», según Shotyk.

Los valores que se ha encontrado en este estudio, indican que esta presente el lixiviado y que esta migración está condicionada a factores externos (temperatura, tiempo de almacenamiento, contaminación en la fuente, etc.). Los niveles siguen estando por debajo de los límites establecidos por las autoridades sanitarias.

Los valores encontrados en el presente trabajo, no exceden el límite máximo permisible de acuerdo a la normatividad internacional, como es el caso de Europa , que establece un límite máximo de 5 $\mu\text{g/L}$ (directiva 2003/40/CE de la Comisión de las Comunidades europeas), mientras que en EEUU se fija en 6 $\mu\text{g/L}$ y la de la OMS es de 20 $\mu\text{g/L}$. Es improbable que el consumidor llegue a beber un agua embotellada con un nivel demasiado elevado de antimonio. Además, hay otras fuentes más importantes de este contaminante a las que

pueden estar expuestas las personas, como el aire contaminado de las ciudades , las partículas de polvo provenientes del asfalto, entre otros.

Pero los investigadores apuntan a otro aspecto preocupante. El uso de plásticos se ha incrementado y estos suelen llevar antimonio como retardante de llama. «Hay mucho antimonio en el plástico», anota Shotyk. «La cuestión es, ¿a dónde va a parar?» Si el antimonio de las botellas de agua va a parar al agua, nadie garantiza que todo el antimonio de los productos fabricados y llevados a vertederos no se esté filtrando al medio ambiente, a las aguas y que entre finalmente en la cadena alimentaria. Estudios previos de Shotyk y su equipo mostraban, por ejemplo, que los niveles de antimonio en el Ártico canadiense son, actualmente, un 50% más elevados que hace 30 años (Shotyk,2005).

Según Reimann et al (2009), la prueba de migración revela que el PET ligero, que es rápidamente desarrollado en el material de la botella original en muchos países europeos, es en comparación al PET pesado sorprendentemente sucio. Sin embargo, nuevamente el Sb posee el más serio asunto de contaminación observado. En términos de obtener la indicación de los valores basales naturales de Sb en el agua subterránea europea, El agua embotellada vendida en botellas PET no puede ser usada. Así mismo menciona que el agua vendida en frascos PET muestra una concentración significativamente mayor de Sb que la misma agua vendida en botellas de vidrio la concentración media promedio de Sb para el agua vendida en botellas PET es mayor por un factor de 21 que el promedio para la misma agua vendida en botellas de vidrio. El presente trabajo tiene el propósito de contribuir en ampliar el conocimiento sobre la contaminación del agua embotellada con Sb y su posible efecto en la salud de los consumidores.

CONCLUSIONES

1. La media de concentración de antimonio en la avenida Alfonso Ugarte es 1,61ppb y la desviación estándar de 1,23 ppb en los tres muestreos, con un mínimo de 0.04ppb y un máximo de 4.86 ppb . La concentración de antimonio de la muestra en la avenida Alfonso Ugarte es menor estadísticamente significativo $P=0,0000<0,05$ en relación al máximo valor permisible (20 ppb) durante los tres muestreos. La media de concentración de antimonio en la avenida Nicolás de Piérola es 1,6 ppb y la desviación estándar de 1,27 ppb, con un mínimo de 0,04 ppb y un máximo de 4.8ppb durante los tres muestreos. La concentración de antimonio de la muestra en la avenida Nicolás de Piérola es menor estadísticamente significativo $P=0,0000<0,05$ en relación al máximo valor permisible (20 ppb).
2. Existe correlación negativa baja (-0,344) de las concentraciones de antimonio en agua de consumo humano de envases de polietileno tereftalato muestreados en la avenida Nicolás de Piérola con la temperatura ambiental en el mes de 17 febrero del 2013. Existe correlación nula (0,321) de las concentraciones de antimonio y Temperatura ambiental muestreados el 17 de febrero en la avenida Alfonso Ugarte.
3. Existe correlación moderada (0,426) de las concentraciones de antimonio y Temperatura ambiental muestreados el 7 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola. Existe correlación nula (0,037) de las concentraciones de antimonio y temperatura ambiental muestreados el 7 de marzo en la avenida Alfonso Ugarte
4. Existe correlación negativa nula (-0,092) de las concentraciones de antimonio y Temperatura ambiental muestreados el 25 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola. Existe correlación negativa moderada (-

0,487) de las concentraciones de antimonio y Temperatura ambiental muestreados el 25 de marzo en la avenida Alfonso Ugarte

5. Existe correlación negativa alta (-0,794) de las concentraciones de antimonio y el tiempo de envasado muestreados el 17 de febrero en la avenida Nicolás de Piérola. Existe correlación moderada (0,48) de las concentraciones de antimonio y el tiempo de envasado muestreados el 17 de febrero en la avenida Alfonso Ugarte
6. Existe correlación baja y negativa (-0,337) de las concentraciones de antimonio y el tiempo de envasado muestreados el 7 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola. Existe correlación nula (0,034) de las concentraciones de antimonio y Temperatura ambiental muestreados el 7 de marzo en la avenida Alfonso Ugarte.
7. Existe correlación nula (0,408) de las concentraciones de antimonio y el tiempo de envasado muestreados el 25 de marzo en la avenida Nicolás de Piérola. Existe correlación negativa baja (-0,05) de las concentraciones de antimonio y el tiempo de envasado muestreados el 25 de marzo en la avenida Alfonso Ugarte.

RECOMENDACIONES

- Se debe hacer un trabajo similar al presente estudio, con una cantidad de muestras mayor.
- Se debe ampliar las avenidas para el muestreo.
- Se debe ampliar el número de marcas de agua embotellada , a fin de conocer la concentración de antimonio en otros productos similares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andreae M.O. , Asmode J. F., Foster P., dack L. V. (1981). Determination of antimony (III), antimony (V), and methylantimony species in natural waters by atomic absorption spectrometry with hydride generation. *Analytical Chemistry*,53:1766–1771.
- APHA (2005). *Standard methods for the examination of water and waste water*, 21st edn. American Public Health Association, Washington, DC.
- Bailly R., Lauwerys R., Buchet J. P., Mahieu P. y Konings J. (1991). Experimental and human studies on antimony metabolism: their relevance for the biological monitoring of workers exposed to inorganic antimony. *British Journal of Industrial Medicine*, 48: 93-97.
- Berman J. D., Gallalee J. F. y Gallalee J.V. (1988). Pharmacokinetics of pentavalent antimony (Pentostam) in hamsters. *American Journal of Tropical medicine and Hygiene*, 39: 41- 45.
- Bruwaene, R. van; Gerber, G.B.; Kirchmann, R.; Colard, J.(1982). Metabolism of antimony-124 in lactating cows. *Health Physics*, 43:733–738.
- Buchet J. P., Lauwerys R. y Roels H. (1980). Comparison of several methods for the determination of arsenic compounds in water and in urine. Their application for the study of arsenic metabolism and for the monitoring of workers exposed to arsenic. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 46: 11- 29.
- Castro B. C., Meyers J. y Dipaolo J. A. (1979). Enhancement of viral transformation for evaluation of the carcinogenic or mutagenic potential of inorganic metal salts. *Cancer Research*, 39: 193-198.
- Crecelius E. A., Bothner M. H. y Carpenter R. (1975). Geochemistries of arsenic, antimony, mercury, and related elements in sediments of Puget Sound. *Environmental Science and Technology*, 9: 325-333.
- Dabeka R.W., Conacher H., Lawrence J., Newsome W., McKenzie A., Wagner H., Chadha R. y Pepper K.(2002). Survey of bottled drinking

waters sold in Canada for chlorate, bromide, bromate, lead, cadmium and other trace elements. *Food Addit Contam.* 19(8):721–732

- Dams R. y De Jonge J. (1976). Chemical composition of Swiss aerosols from the Jungfrauoch. *Atmospheric Environment*, 10: 1079-1084.
- Elinder C. G. y Friberg L. (1986). Antimony. In: L. Friberg , G. Nordberg y V. Vouk (Ed.). *Handbook on the toxicology of metals* (pp. 26–42). Amsterdam, Elsevier.
- Enders R. y Jekel R. (1994). Entfernung von Antimon (V) und Antimon (III) aus wässrigen Lösungen. Teil I: Adsorption bei der Flockung mit Eisen(III)-Salzen. *Wasser Abwasser*, 135: 632-641.
- EUREAU (1994). Implications to water suppliers and householders of the new WHO guidelines for drinking water quality. *Aqua*, 43 (6): 315 - 322.
- Felicetti S. A., Thomas R. G. y McClellan R. C. (1974). Metabolism of two valence states of inhaled antimony in hamsters. *Journal of the American Industrial Hygiene Association*, 35: 292-300.
- Flores E. (10-11-2013). Oro encantado, tesoros ocultos, tapados, oro endemoniado, misterios de los tapados (Blog). Recuperado de : <http://tesorosocultos.blogspot.pe/search/label/oro%20del%20peru?updated-max=2013-11-16T06:22:00-08:00&max-results=20&start=20&by-date=false>.
- Gebel T., Birkenkamp P., Luthin S., Dunkelberg H. (1998). Arsenic(III), but not antimony(III), induces DNA–protein crosslinks. *Anticancer Research*, 18:4253–4257.
- Gerber G.B., Maes J., Eykens B. (1982). Transfer of antimony and arsenic to the developing organism. *Archives of Toxicology*, 49: 159-168.
- Gurnani N., Sharma A., Talukder G. (1992b). Cytotoxic effects of antimony trichloride on mice in vivo. *Cytobios*, 70: 131-136.
- Hashem N., Shawki R. (1976). Cultured peripheral lymphocytes: one biologic indicator of potential drug hazard. *African Journal of Medicine and Medical Sciences*, 5: 155-163.
- Hext P. M., Pinto P. J., Rimmel R. A. (1999). Subchronic feeding study of antimony trioxide in rats. *Journal of Applied Toxicology*, 19: 205-209.

- Huancahuari S. (2009). *La Prevención de los riesgos ocupacionales mineros*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Perú.
- Hurtig H. W. (1990) Die Immisionsbelastung von Böden durch Antimon. *VDI-Berichte*, 837: 91-102.
- IARC (1989). *Some organic solvents, resin monomers and related compounds, pigments and occupational exposures in paint manufacture and painting*. Lyon, France. International Agency for Research on Cancer,
- Iffland R., Bösche G. (1987). Therapie und Klinisch-toxikologische Verlaufskontrolle einer Brechweinstein-Vergiftung durch ein Ameisenvernichtungsmittel bei einem Kind. *Monatsschrift für Kinderheilkunde*, 135: 227 - 230.
- James L. F., Lazar V. A., Binns V. (1966). Effect of sublethal doses of certain minerals on pregnant ewes and fetal development. *American Journal of Veterinary Research*, 27: 132-135.
- Kanematsu N., Hara M., Kada T. (1980). Rec assay and mutagenicity studies on metal compounds. *Mutation Research*, 77: 109-116.
- Krachler M. y Shotyk W. (2009). Trace and ultratrace metals in bottled waters: survey of sources worldwide and comparison with refillable metal bottles. *Sci Total Environ*. 407:1089–96.
- Kuroda K., Endo G., Okamoto A., Yoo Y.S., y Horiguchi S. (1991) Genotoxicity of beryllium, gallium and antimony in short-term assays. *Mutation Research*, 264:163–170.
- Lantzs H.y Gebel T. (1997). Genotoxicity of selected metal compounds in the SOS chromotest Mutation Research. *Mutation Research*, 389: 191-197.
- Lynch B. S., Capen C.C., Nestmann E.R., Veenstra G. y Deyo JA (1999). Review of subchronic/chronic toxicity of antimony potassium tartrate. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 30: 9-17.

- Molokhia M. M., Smith H. (1969). The behaviour of antimony in blood. *Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 72: 222-225.
- Moskalev Y. I. (1959). Materials on the distribution of radioactive antimony. *Medical Radiology*, 4 (3): 6- 13.
- Naohara J. (1998). Journal of Japan Society on Water Environment. 21(8):536-539
- Nriagu J. O. y Pacyna J. M. (1988). Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature*, 333: 134-139.
- Paton G. R., Allison A. C. (1972). Chromosome damage in human cell cultures induced by metal salts. *Mutation Research*, 16: 332-336.
- Pilco P .(2017.01.16). *Tres mineros informales mueren tras inhalar mortal antimonio*, Diario Correo. Recuperado de: <http://diariocorreo.pe/edicion/cusco/tres-mineros-informales-mueren-tras-inhalar-mortal-antimonio-724435/>.
- Plessow A., Plessow K., Heinrich H. (1997). Schadstoffbelastung von Straßenkehricht und der Sedimenten Regenwasserkanalisation durch den Straßenverkehr am Beispiel von Göttingen. *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung - Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie*, 9 (6): 353-354.
- Poon R., Chu I., Lecavalier P., Valli V .E., Foster W., Gupta S., y Thomas B. (1998). Effects of antimony on rats following 90-day exposure via drinking water. *Food and Chemical Toxicology*, 36 (1): 21-35.
- Rossi F., Acampora R., Vacca C., Maione S., Matera M. G., Servodio R. y Marmo E. (1987). Prenatal and postnatal antimony exposure in rats: effect on vasomotor reactivity development in pups. *Teratogenicity, Carcinogenicity, and Mutagenicity*, 7: 491-496.
- Schaumlöffel N. y Gebel T. (1998). Heterogeneity of the DNA damage provoked by antimony and arsenic. *Mutagenesis*, 13:281–286.

- Schröder H. A., Mitchener M, Nason A. P. (1970). Zirconium, niobium, antimony, vanadium and lead in rats: life term studies. *Journal of Nutrition*, 100 (1): 59-68.
- Stemmer K. L. (1976). Pharmacology and toxicology of heavy metals: antimony. *Pharmacology and Therapeutics Part A*, 1:157–160.
- Villegas, L. (2005). *Metodología de la investigación pedagógica*. Lima, Peru : San Marcos.
- Waitz J. A., Ober R. E, Meisenhelder J. E., y Thompson P. E. (1965). Physiological disposition of antimony after administration of ¹²⁴Sb-labeled tartar emetic to rats, mice and monkeys, and the effects of tris(p-aminophenyl)carbonium pamoate on this distribution. *WHO Bulletin*, 33:537–546.
- Wang Z., Dey S., Rosen B. P., Rossman T.G. (1996). Efflux-mediated resistance to arsenicals in arsenic-resistant and -hypersensitive Chinese hamster cells. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 137:112–119.
- Winship K. A. (1987). Toxicity of antimony and its compounds. *Adverse Drug Reactions and Acute Poisoning Reviews*, 2:67–90.

ANEXOS



Figura N°22. Carnet de salud de vendedor





Figura N°23. Puesto de venta de la avenida Nicolás de Piérola



Figura N°24. Puesto de venta de la avenida Alfonso Ugarte



Figura N°25. Espectrofotómetro de absorción atómica – USAQ – FQIQ -
UNMSM

	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS	
---	---	---

INFORME DE ENSAYO
N° 174-2013

Cliente : UNMSM-FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
Dirección : Jr. Puno 1002 - Lima
Atención : Mg. José Alfonso Apesteigua Infantes
Referencia USAQ : 118-01/13
Muestra : AGUA EN ENVASES DE POLIETILENO TEREFTALATO
Cotización : 134-2013/USAQ
Fecha de Recepción : 28/03/2013
Fecha de Emisión : 05/04/2013

RESULTADO DE ANÁLISIS DE DETERMINACIÓN DE ANTIMONIO

Código de Muestra USAQ.	Referencia y Código del Cliente	Determinaciones	Resultado
118-01	G15AT Lt.3006036 Vto. 12 Ago 13 H20 09:33	ANTIMONIO	1,45 ppb
118-02	G12BT Lt.3005543 Vto. 07 Ago 13 H20 04:46	ANTIMONIO	1,23 ppb
118-03	G19AT Lt.3005438 Vto. 06 Ago 13 H20 04:02	ANTIMONIO	1,63 ppb
118-04	G14BT Lt.3005533 Vto. 07 Ago 13 H20 00:12	ANTIMONIO	4,87 ppb
118-05	A11AT Lt.3006205 Vto. 14 Ago 13 H20 05:48	ANTIMONIO	6,24 ppb
118-06	G11AT Lt.3006234 Vto. 15 Ago 13 H20 00:46	ANTIMONIO	1,23 ppb

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-174-2013 UNMSM-FPB (Página 1 de 3)

Figura N°26. Resultado de análisis de determinación de antimonio – USAQ – FQIQ – UNMSM (Informe de Ensayo N°174-2013) .

Intoxicación por antimonio.- El antimonio es un metaloide de color plateado; ligeramente azulado, su punto de fusión es a 640°C, punto de ebullición 1440°C, se volatiliza al rojo blanco; se oxida fácilmente después de la fundición. Arde con llama blanco verdoso, pero alrededor de 900°C emite vapor, humos tóxicos blancos y espesados, se encuentra impregnado en los minerales como el hierro, arsénico, plomo, cobre, plata; es la razón por la que los obreros mineros que laboran extrayendo los minerales ya sea de modo subterráneo o tajo abierto, y obreros metalúrgicos que funden estos minerales, absorben tales sustancias tóxicas como el antimonio que causa graves intoxicaciones en la salud de los obreros. El antimonio se usa en aleaciones metálicas para broncear el yeso y el papel, templar el plomo, fundir las letras de imprenta. Su medio de penetración al organismo es la vía inhaladora, que se trae consigo:

- a.1 Una extensa neumonía en todos los animales.
- a.2 Lesiones degenerativas del hígado
- a.3 Hipertrofia de los folículos linfáticos del brazo.
- a.4 Disminución de los leucocitos en la sangre.
- a.5 Muerte en casi todos los animales.

Como prevención se debe consumir agua abundante, albuminas con leche por vía bucal, en particular cuando se trata de intoxicación por tricloruro de amoniaco.

Figura N°27 . Intoxicación por antimonio (Huancahuari, 2009).



TRES MINEROS INFORMALES MUEREN TRAS

INHALAR MORTAL ANTIMONIO

Lamentable hecho se produjo en Cotabambas – Apurímac.

16 de Enero del 2017 - 09:36 » Textos: Paul Pilco
» Fotos: Correo Cusco

Dos mineros informales y un comprador fallecieron en el interior de un socavón como consecuencia de haber inhalado el mortal gas antimonio, perdiendo la consciencia antes de perecer por asfixia.

El lamentable suceso se registró el pasado martes cerca de las 17:00 horas en una labor de extracción de mineral informal situada en el sector de Ccochapata, distrito de Cotabambas, en Apurímac. Los hermanos Rubén Quispe Quispe (28) y Rolando Quispe Quispe (44), expresaban su entusiasmo por la presencia del comerciante (comprador de mineral) Jarol Ruíz Bayona (28), quien llegó hasta el mismo socavón para adquirir la carga de oro en bruto.

Figura N°28. Noticia de intoxicados por antimonio (Pilco, 2011).
<http://diariocorreo.pe/edicion/cusco/tres-mineros-informales-mueren-tras-inhalar-mortal-antimonio-724435/>

Entierros de Tesoros durante la Guerra con Chile

Era 1822 y el general José de sanmartín solicito un empréstito por 1.200.000 libras esterlinas, el cual de oro puro y pesaba 8 gramos. Que pasaría a administrar la junta de accionista bajo la presidencia de José de san Martín bien durante todos esos años círculo la libra esterlina. y estaba a cargo de la junta de accionistas. Bien en 1879 y 1883 se da la Guerra del Pacífico Perú – Chile. Chile a medida que avanzaba venía haciendo saqueos en todo el territorio peruano faltando unos 3 días para que el ejército chileno llegue Lima y al ver que las esterlinas del gobierno peligraban Perú tomo sus precauciones.

En aquel tiempo era un español, el presidente de la junta quien administraba el tesoro y dinero del país. Objetos de oro y Las esterlinas (8 gramos de oro en monedas). Al ver que los chilenos ya estaban cerca, es en ese momento que solicito 300 soldados y 600 mulas para ocultar todos los tesoros del país hasta que pase la guerra. El ejército proporciono lo que había pedido. La orden era lo siguiente: hay que enterrar los tesoros en lugares lejos llevaras un cuaderno en el cual iras describiendo los lugares donde escondas, lo describirás de forma encriptado, dejaras señales en piedras y en faldas de los cerros, para asegurar los tesoros del estado, durante el camino iras enterrando los tesoros separando 2 hombres y cuatro mulas en diferentes lugares donde entierres, no olvides describir el nombre de los pueblos ríos y lagunas. Haces enterrar a los soldados y después lo darás cicuta (veneno). Para no poner en riesgo los tesoros del estado. Eso fue la orden. Así sucedió coloco señales y descripciones la ruta que tomo en la actualidad abarca lo que es hoy los departamentos de Junín, Pasco, Huancayo y Huánuco.

Cada mula llevaba en cada alforja 25 en un lado y 25 en otro lado ciento un total por carga 50 kilos entre oro y plata. Las mulas llevaban: las esterlinas, objetos de oro y plata, diamantes y piedras preciosas. Que fueron enterrados en las faltadas de los cerros, en los encañonados de los ríos, debajo de enormes piedras en muchos lugares inimaginables, pero si siempre dejaban rastros. Los he visto pero no he logrado descifrar.

Bien el español al finalizar su misión llego a Lima después de casi dos meses y se dio cuenta que era el único poseedor del libro. Se fue rumbo al puerto del callao y se largó rumbo a España sin dejar ningún rastro el español se largó en 1883. Mientras estábamos ocupados en guerra, nadie lo busco pues el que había dado la orden murió en la guerra con Chile.

Figura N°29. Tesoros enterrados durante la guerra con Chile .
<http://tocacheenelmundo.blogspot.pe/2013/10/tesoros-escondidos-entierros-tapados.html>.